Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXII. Jahrgang. Sechstes Heft. November 1919.

# Versuche mit der Lumineszenzlampe.

Von Dr. Felix Jentzsch-Graefe, Privatdozent an der Universität Gießen.

Die Demonstration der Lumineszenz-Erscheinungen, von denen ja hauptsächlich Fluoreszenz und Phosphoreszenz in Betracht kommen, bereitet bisher im Unterricht immer noch ziemliche Schwierigkeiten, falls man sich nicht gerade auf die allereinfachsten Versuche beschränken will. Vor allen Dingen pflegt dabei der Umstand zu stören, daß die Farbe des erregten Lichtes gleichzeitig auch noch von der erregenden Lichtquelle selbst ausgesandt wird, so daß eine Art Blendung eintritt, die die Untersuchung wesentlich erschwert und sie bei schwachen Lumineszenzen nahezu unmöglich macht. Grundprinzip für alle brauchbaren Fluoreszenz- sowie die meisten Phosphoreszenz-Beobachtungen ist es also, diesen Fall auszuschließen, d. h. eine Dunkelfeldbeleuchtung großen Maßstabs herzustellen. Das kann man in der Weise tun, daß man eine Lichtquelle verwendet, die nurunsichtbares ultraviolettes Licht aussendet, so daß das erregte Licht der Fluoreszenz das einzig sichtbare Licht im Versuchsraum bleibt. Die strenge Durchführung dieses Prinzips liefert außerordentlich glänzende und eindrucksvolle Erscheinungen.

Versuche, eine derartige Lichtquelle herzustellen, laufen immer darauf hinaus, eine ultraviolette Lichtquelle durch ein Filter hindurch wirken zu lassen, das einen möglichst großen Teil des sichtbaren Spektrums absorbiert. Der erste, der einigermaßen Erfolg mit solchen Bemühungen hatte, war der Amerikaner R. W. Wood[1]), 1903, dem es gelang, in dem Nitrosodimethyl-Anilin einen Stoff zu finden, der für Ultraviolett vollständig durchlässig ist, aber starke Absorptionsbande in Grün und Blau aufweist. So ist z. B. eine Lösung dieser Substanz in Glyzerin oder fester Gelatinelösung für das Intervall von 400—280 $\mu\mu$ vollständig durchlässig. Man hat später noch andere Farbstoffe mit ähnlichen Eigenschaften gefunden, so gab Goldhammer[2]) ein ähnliches Strahlenfilter mit Hofmannsviolett an. Doch sind die Filter mit Nitrosodimethyl-Anilin bisher die wirkungsvollsten geblieben. Während die Woodschen Filter[3]), die noch außerdem Kobalt-Glas und, zur Fernhaltung des äußersten Rot, sog. „Signalgrün-Glas“ enthielten, verschiedene Fehler aufwiesen, stellte 1904 Kalähne[4]) ein recht brauchbares Ultraviolett-Filter her, indem er ein Stückchen Blauviolett-Glas mit in Nitrosodimethyl-Anilin getränkter Gelatine überzog und die Absorption im Grünen durch Fluoreszeïn-Natrium (sog. Uranin) verbesserte. Immerhin waren mit diesem Filter noch störende rote und grüne Strahlen bemerkbar. Erst als es dem Glaswerk Schott & Gen. 1905 gelang[5]), das Blau-Uviol-Glas zu er-

[1]) R. W. Wood, Über nur für ultraviolettes Licht durchlässige Schirme und deren Verwendung in der Spektral-Photographie. Physik. Zeitschr. 4. S. 334—338. 1903.

[2]) D. A. Goldhammer, Über ein Strahlenfilter für das ultraviolette Licht. Physik. Zeitschr. 4. S. 413—415. 1903.

[3]) Woodsche Absorptionsplatten, die anscheinend weit verbreitet sind, lieferte früher z. B. E. Leybolds Nachf. in Köln.

[4]) A. Kalähne, Über das Woodsche Lichtfilter für ultraviolette Strahlen. Physik. Zeitschr. 5. S. 415—416. 1904.

[5]) Von einem Filterglas für kurzwellige Strahlen, das E. Zschimmer bereits 1903 erschmolzen hat, habe ich nicht wieder gehört. Ber. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. 5, S. 312, 1903.

schmelzen, konnte das Woodsche Filter weiter verbessert werden, was dann durch H. Lehmann[1]) im Zeißwerk mit größtem Erfolg geschehen ist. Die mit dem neuen Blau-Uviol-Glas hergestellten Ultraviolett-Filter lassen in der Tat nur noch eine ganz geringe Spur des äußersten Rot hindurch und auch diese kann noch durch Zwischenschaltung einer dünnen Schicht einer Metallsalzlösung beseitigt werden; als die geeignetste erwies sich Kupfersulfat.

Nach meinen Angaben wird nun seit Januar 1912 von der Firma Ernst Leitz in Wetzlar eine besondere Lumineszenzlampe[2]) hergestellt, auf die ich die Aufmerksamkeit lenken möchte, da sie sich durch ihre Einfachheit und Handlichkeit vor anderen im Prinzip gleichen Konstruktionen auszeichnet und sich besonders für Demonstrationszwecke als recht brauchbar erwiesen hat.

Eine der bekannten Liliputbogenlampen mit rechtwinkelig zueinander stehenden Kohlen wurde mit einem vollständig lichtdichten Gehäuse versehen und ein besonderes Filterrohr in der Weise davor befestigt, wie es Fig. 1 zeigt. Man kann mit dieser Lampe, obwohl sie nur 4—5 Ampere beansprucht, und infolgedessen an jede Hausleitung angeschlossen werden kann, so kräftige Wirkungen erzielen, daß die Fluoreszenz eines davor gehaltenen Stückchens Uranglas einen großen Hörsaal erleuchtet, während ohne Uranglas trotz brennender Lampe der Raum vollständig dunkel bleibt. Diese Liliputbogenlampe wird mit den seit 1902 bekannten Dochtkohlen von Gebrüder Siemens beschickt, die in besonderer Weise präpariert sind. Bekanntlich waren die sog. Effektbogenlampen mit in der Masse imprägnierten Kohlen durch ihre starke Dampfentwicklung und Schlackenbildung recht unpraktisch. Demgegenüber haben die Dochtkohlen den Vorteil, daß die Zusätze nur im Docht enthalten sind, wodurch Schlackenränder vermieden werden und verhältnismäßig ruhiges Brennen erzielt wird. Die Eisenkohlen von Siemens liefern entsprechend dem Emissionsspektrum des Eisens, das intensive Linien bei 404, 382, 372, 358, 344, 310, 305 $\mu\mu$ aufweist, — einen an ultravioletten Strahlen besonders reichen und an ultraroten verhältnismäßig armen Lichtbogen. Die neuerdings von der Firma Gebr. Siemens in Charlottenburg empfohlenen Nickelkohlen sollen noch ruhiger brennen als die Eisenkohlen. Ihre spektrale Ergiebigkeit dürfte die gleiche sein. Vor dem Arbeiten hebt man am besten den ganzen vorderen Teil des Gehäuses mit Rohr und Filter ab, und läßt die Lampe einige Minuten unverdeckt brennen, bis der Bogen sich etwas beruhigt hat. Zunächst pflegen nämlich aus dem Lichtbogen kleine glühende Teilchen auszuspringen, die unter Umständen

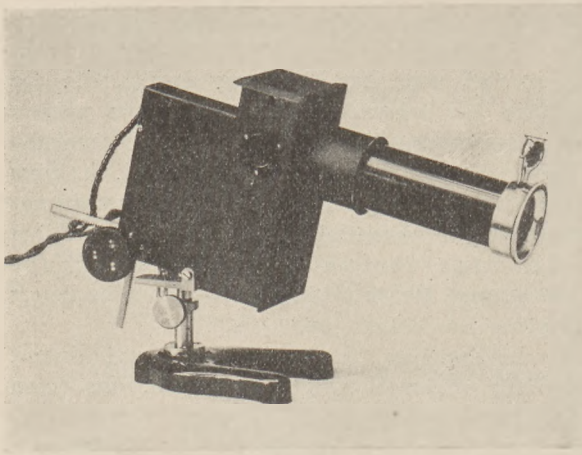


Fig. 1.

[1]) H. Lehmann, Über ein Filter für ultraviolette Strahlen und seine Anwendung. Physik. Zeitschr. 11. S. 1039–1047. 1910. Die Firma Dr. Steeg & Reuter in Homburg v. d. H. teilte mir mit, daß sie ein gleiches Filter mit Blau-Uviol-Glas bereits 1905 hergestellt hat.

[2]) Die Einrichtung wurde im Januar 1912 zuerst im Gießen-Marburger Kolloquium demonstriert und auf der Naturforscher-Versammlung zu Münster im Herbst desselben Jahres von der Firma Leitz ausgestellt. Kurz beschrieben bei Felix Jentzsch, Über die Lumineszenzlampe und das Lumineszenzmikroskop. Eders Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik Bd. 28. S. 86—88. 1914.

die Linse treffen, sich hier einbrennen und auf die Dauer eine beträchtliche Trübung herbeiführen können.

Als Lichtquelle dient also vornehmlich der Lichtbogen und nicht wie sonst, der Krater. Sein Licht wird durch eine möglichst dünne Kondensorlinse aus U.V.-Kron annähernd parallel gemacht, wobei Absorptionsverluste kaum eintreten können, da 3 mm U.V.-Kron, abgesehen von Reflexionsverlusten, die Wellenlänge $\lambda = 400\ \mu\mu$ nur auf 0,99; $\lambda = 350\ \mu\mu$ auf 0,98 und $\lambda = 300\ \mu\mu$ auf 0,95 schwächen. In den parallelen Strahlengang wird das Ultraviolett-Filter gesetzt, dessen wirksamer Teil natürlich größer als die Linse sein muß und dessen unwirksamer Rand durch eine Blende abgedeckt ist.

Das Filter bestand bei meinen Versuchen zuerst aus einer Flüssigkeitsküvette mit Wänden aus Blau-Uviolglas, in die durch kleine Trichterröhrchen eine etwa 20%-ige wässerige $CuSO_4$-Lösung eingeschüttet wurde, die auf diese Weise zugleich als Kühlflüssigkeit diente. Das Nitrosodimethyl-Anilin wurde anfangs, wie es Kaläne zuerst getan, in gelatinöser Lösung verwendet, wobei es nach dem Vorgang von Lehmann auf eine Außenseite des Filters gegossen war und die Gelatineschicht durch eine weitere (dritte) Blau-Uviol-Platte geschützt wurde. Das erwies sich aber bald nach zwei Richtungen hin als unzweckmäßig. Es zeigte sich nämlich die Erwärmung immerhin beträchtlich genug, um nach einigen Stunden Betriebsdauer die Gelatineschicht zu zerstören. Es ist daher vorteilhafter, den Farbstoff in wässeriger Lösung zu verwenden und also noch eine zweite Flüssigkeits-Küvette an die erste anzusetzen, die mit ihr die Zwischenwand gemein hat. Auch Lehmann hat schon diese Filterarten ausgeführt. Bei den Dimensionen der Filter ist eine Konzentration des Farbstoffs von ca. 1 : 7500 bis 1 : 10000 ausreichend. Die Verwendung wässeriger Lösung ist ferner noch insofern einem Gelatinefilter überlegen, weil die starke Diffusion wegfällt, die in letzterem das direkt durchgehende Licht zugunsten des seitlich zerstreuten schwächt.

Eine weitere Besonderheit ergibt sich ferner aus folgender Überlegung: Das Blau-Uviolglas und ebenso das Kupfersulfat absorbieren im Ultrarot sehr stark, so daß eine ziemlich starke Erwärmung der Filter eintritt, obwohl die Wärme-Emission einer Bogenlampe mit Eisendochtkohlen erheblich geringer ist, als die einer solchen mit Homogenkohlen, da der Krater mit seiner reinen Temperaturstrahlung wegen der guten Wärmeleitung des Eisens nicht so heiß wie sonst wird und auch Eisen keine besonders intensiven Linien im Rot oder Ultrarot aufweist. Die auftretende Erwärmung könnte jedoch die Kittschichten der Filterwände angreifen und auflösen. Von O. Heimstädt ist deshalb vorgeschlagen worden (D.R.P. 262432), die Filterwände aus einem Material wie Quarz, U.V.-Glas usw. anzufertigen und die Blauuviolkomponente getrennt als einzelne Scheibe zu verwenden. Ja, er empfiehlt, die Kondensorlinse selbst aus Blauuviol-Glas anzufertigen.

Ferner wird durch die hohe Temperatur die Azidität der $CuSO_4$-Lösung so gesteigert, daß sie die Politur der Blauuviol-Glaswände angreift. Da Quarz und U.V.-Glas sich in dieser Beziehung als widerstandsfähiger erwiesen, wird die Filterküvette besser in der Weise angefertigt, daß die beiden Wände des $CuSO_4$-Filters nicht aus Blauuviol-Glas hergestellt werden, sondern nur die dritte Wand der Doppelküvette, die allein an die Lösung von Nitrosodimethyl-Anilin grenzt. Diese Wand muß dann natürlich erheblich dicker als die beiden anderen sein. Auf alle Fälle müssen aber nach Gebrauch beide Küvetten geleert und besonders die für $CuSO_4$ bestimmte muß auch noch sorgfältig mit reinem Wasser nachgespült werden.

Für die Konstruktion des Lampengehäuses kamen die einander ziemlich widersprechenden Forderungen in Betracht, daß das Gehäuse vollständig lichtdicht schließen und gleichzeitig gut gekühlt werden sollte. Nach einigen Versuchen entstand das in Fig. 1 abgebildete Gehäuse, das durch Metallblenden und Asbestführungen für die Kohlen einen vollständigen Lichtabschluß erzielt. Auch die Einblickfenster

aus Glimmer sind verschließbar. In dem abnehmbaren vorderen Rohr sitzt die Kondensorlinse aus U.V.-Kron lose zwischen drei Stäbchen gefaßt, so daß Luft um sie herum streichen kann. Am Ende des Rohres wird das Filter in einer Aluminiumfassung eingeschoben. Zwischen Linse und Filter befindet sich, gut verdeckt, auf der Unterseite des Rohres, die Eintrittsöffnung für den kühlenden Luftstrom, der um die Linse herum, durch den Lichtbogen hindurch nach oben in den kleinen Schornstein führt. Durch diese Regelung wird verhindert, daß Metalldämpfe des Bogens die Linse beschlagen können. Die Austrittsöffnung des Luftstroms ist zur Erzielung einer kräftigen Schornsteinwirkung wesentlich größer als die Eintrittsöffnung. Das Filter kann aus seiner Fassung leicht herausgenommen und gereinigt werden. Die sehr großen Eingußöffnungen werden noch durch eine Schieberblende verdeckt.

Die ganze Beleuchtungslampe ist, wie die Figur zeigt, in der Höhe und nach der Seite verstellbar. Auch kann sie bis zu $45^0$ geneigt werden, so daß man auf dem Tisch liegende Gegenstände direkt von oben her beleuchten kann. Man wird diese Stellung meist dann anwenden, wenn es sich um die Demonstration der Fluoreszenz an größeren Objekten, etwa Mineralien, ganzen Knochen, menschlicher Haut, Papier usw. handelt. Auch kann man noch eine einzelne U.V.-Linse, die zu der ganzen Anordnung gehört, davor setzen und damit die bestrahlte Fläche vergrößern. Sollen umgekehrt ganz kleine Gegenstände betrachtet werden, so hält man sie in den Brennpunkt der Linse.

Es ist aber leicht möglich, mit derselben Lampe die Strahlen auf einen so kleinen Fleck zu konzentrieren, daß man die Fluoreszenz mikroskopischer Präparate beobachten kann. Man muß dabei ebenfalls vermeiden, daß die erregenden und erregten Strahlen zugleich in das Auge, bzw. das Beobachtungsobjekt fallen. Die Mikroobjektive pflegen meist gekittete Linsen zu enthalten und der als Kitt dienende Kanadabalsam fluoresziert selbst unter dem Einfluß der das Filter verlassenden Strahlen, ja einzelne Flintglaslinsen würden als Ganzes anfangen zu leuchten. Man muß also den Strahlengang der sog. Dunkelfeldbeleuchtung anwenden, d. h. die beleuchtenden Strahlenbündel dürfen sich nicht mit den abbildenden durchdringen. Andernfalls würde ein lichter Schleier das ganze Bild überdecken, der jedes Detail unkenntlich machen würde. Derartige Anordnungen für Fluoreszenzversuche sind sowohl von K. Reichert[1]) wie von H. Lehmann[2]) beschrieben worden.

Ich habe dasselbe Resultat auf wesentlich einfacherem Wege dadurch erreicht, daß ich auch beim Mikroskopieren nicht im durchfallenden, sondern im auffallenden Licht arbeite. Zu diesem Zweck wird die Lumineszenzlampe so gestellt, daß ein horizontales Bündel aus ihr austritt und etwa 2 cm über dem Objekttisch des Mikroskops hinwegstreicht. Dabei trifft es einen außen versilberten Hohlspiegel, der in eines der für die Objektklammern bestimmten Löcher in der Weise aufgesetzt ist, wie es die Fig. 2 zeigt. Der Spiegel sammelt die ultravioletten Strahlen in einen intensiven Fleck auf der optischen Achse des Mikroskopes. Indem man ein beliebiges Stück Papier, das immer etwas lichtgrün fluoresziert, vor den Silberspiegel hinhält, kann man die Einstellung der Lampe leicht kontrollieren. Man muß nur darauf achten, daß die Strahlen, bevor sie auf den Silberspiegel fallen, nicht das Objektiv des Mikroskopes treffen oder streifen. Am leichtesten erreicht man diesen Strahlengang, wenn der Krater genau in der gleichen Höhe steht, wie die Achse des Silber-

[1]) K. Reichert, Das Fluoreszenzmikroskop. Physik. Zeitschr. 12. S. 1010–1011. 1911. — Er verwendet einen sehr teueren Quarzkondensor mit Zentralblende.

[2]) H. Lehmann, Lumineszenzanalyse mittelst der Ultraviolett-Filterlampe. Verhandl. d. Deutsch. Physik. Gesellsch. 13. S. 1101—1104. 1911. Physik. Zeitschr. 13. S. 35–36. 1912. Ferner: Apparate für die Lumineszenzlampe. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 32. S. 43. 1912. — Er legt auf das Präparat ein Deckgläschen aus Euphos-Glas, das im Ultravioletten stark absorbiert, im Sichtbaren aber gut durchlässig ist. Fa. Zeiß hat auch vorgeschlagen (D.R.G.M. 500907), die Frontlinse des Beobachtungsobjektivs selbst aus Euphos-Glas anzufertigen.

spiegels. Würde der Hohlspiegel ein gewöhnlicher Glasspiegel sein, so wäre die Absorption im Glase störend, während die bekannte Durchlässigkeit von Silber für Ultraviolett, die bisweilen sogar zur Herstellung von Strahlenfiltern benutzt worden ist, erst bei ungefähr 280 $\mu\mu$ anfängt, so daß in den hier in Betracht kommenden

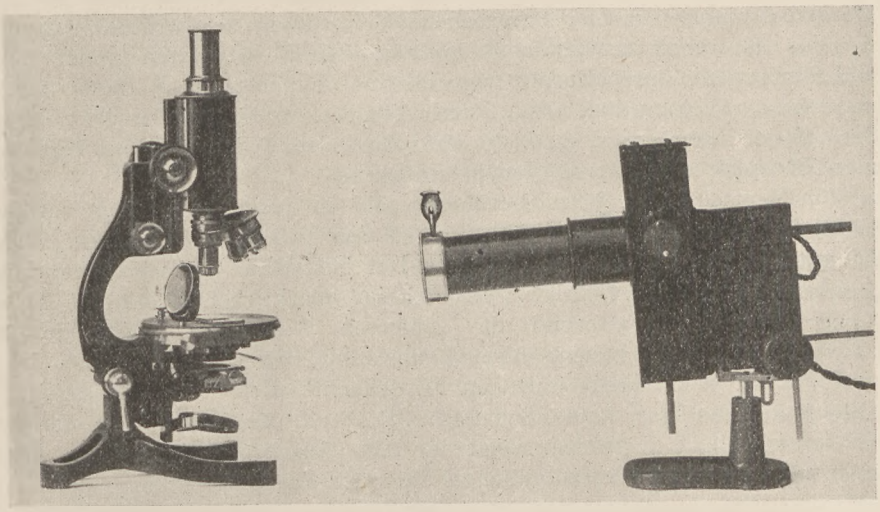


Fig. 2.

Bereichen das Silber noch nahezu das gleiche hohe Reflexionsvermögen besitzt, wie im sichtbaren Strahlengebiet. Selbstverständlich dürfen die Präparate nicht etwa mit Kanadabalsam auf einem Objektträger festgekittet sein, da der Balsam selbst fluoresziert. Man kann jeden beliebigen Objektträger, der nicht selbst fluoresziert, verwenden. Doch wird ohne Deckglas gearbeitet. Es empfiehlt sich, nur mittlere Objektive zu verwenden, doch kann man immerhin bis zu beträchtlichen Vergrößerungen übergehen, wenn es sich um kräftig leuchtende Stoffe handelt. Sollen dagegen sehr lichtschwache Gegenstände untersucht werden, so ist eine sehr starke Vergrößerung nicht gut anwendbar. Um die Helligkeit möglichst auszunutzen, ist es dann stets vorteilhaft, möglichst schwache Okulare zu verwenden und die Vergrößerung durch die Objektive allein zu erreichen.

Von den Anwendungen des Instrumentes sei hier besonders der im physikalischen und chemischen Unterricht in Frage kommenden gedacht. Zunächst wird man mit der Lumineszenzlampe die Fluoreszenz einer Reihe von Gläsern und Flüssigkeiten zeigen, also vor allem Uranglas mit hellgrünlicher Fluoreszenz. Lehrreich ist ferner das diskontinuierliche Fluoreszenzspektrum von Didym-Gas. Von geeigneten Flüssigkeiten[1]) sind in den Lehrmittelsammlungen meist vorhanden Lösungen von Fluorescein (grün), Eosin (grünlichgelb), Magdalarot (orangerot), Uranin (hellgrün), Rhodantine (orangefarben), Chininsulfat (hellblau). Ferner eignen sich Schmieröl und Petroleum. Letzteres erscheint tiefblau, was besonders bei einem fließenden Strahl sehr wirkungsvoll ist. Sehr reines Petroleum fluoresziert weniger hell. Für die Bereitung einer brauchbaren Lösung von Aesculin, dessen blaue Fluoreszenz Goethe in seiner Farbenlehre zuerst beschreibt, empfiehlt es sich, um die Lösung haltbar zu machen, etwas Eisenvitriol zuzusetzen und mit Ammoniak niederzuschlagen. Rote Fluoreszenz erhält man mit Chlorophyll-Lösung, indem z. B. Spinat, Brennesseln usw. mit Äther oder einem Gemisch von Äther und Alkohol ausgezogen

[1]) Über die geeigneten Verdünnungen und einige andere Rezepte lese man in den Lehrbüchern nach. Eine sehr gute Zusammenstellung gibt Hermann Hahn, Physikalische Freihandversuche, III. Teil (1912), S. 298—313. Vergl. auch Frick, Physikalische Technik, Bd. II.

werden. Auch viele andere organische Lösungen zeigen mehr oder minder schöne Fluoreszenz [1]).

Selbstverständlich sind auch alle phosphoreszierenden Stoffe fluoreszierend, wie man denn überhaupt keine strenge Scheidung zwischen beiden Erscheinungen durchführen kann und die Fluoreszenz als schnell abklingende Phosphoreszenz auffassen muß. Deshalb ist auch die hier besprochene Vorrichtung als Lumineszenzlampe bezeichnet. Von den oben erwähnten fluoreszierenden Flüssigkeiten lassen sich z. B. Eosin und Fluoreszeïn durch Zusatz von Gelatine in phosphoreszierende überführen. Ähnliches wird ja bekanntlich auch durch Temperatureinflüsse bewirkt. Den zeitlichen Verlauf der Fluoreszenz, d. h. die Phosphoreszenz kann man mit irgend einem rotierenden Phosphoroskop dann bequem studieren.

Die für Versuche mit Röntgenstrahlen wohl in jeder Sammlung vorhandenen Leuchtschirme strahlen auch unter dem Einfluß des ultravioletten Lichtes. Man kann sie recht gut benutzen, um die Ultraviolett-Durchlässigkeit verschiedener Stoffe zu prüfen. Glasplatten aus Uviolglas werfen keine merklichen Schatten, Krongläser einen recht schwachen, während die schweren Flintgläser mehr oder minder dunkle Schatten auf dem Leuchtschirm hinterlassen, da ihre Absorption im allgemeinen bei 350 $\mu\mu$ schon recht stark ist. Umgekehrt wirft das im Tageslicht tiefdunkle Blauuviol-Glas gar keine Schatten. Daß ein fluoreszierender Körper sein eigenes Fluoreszenzlicht absorbiert, zeigt der tiefe Schatten, den Uranglas bei dieser Anordnung wirft, eine selbstverständliche Folge des Energieprinzips.

Recht instruktiv gestaltet sich ferner die Untersuchung von Farbgläsern in Verbindung etwa mit Uranglas. Die Absorption einer Gesamtanordnung ist nämlich, scheinbar entgegen dem allgemeinen Reziprozitätsgesetz, nicht immer unabhängig von der Reihenfolge der Teile, falls eine der Komponenten fluoresziert. Fällt z. B. das Licht der Lumineszenzlampe zuerst auf das Uranglas, dann auf ein gewöhnliches Blaufilter, so leuchtet das Uranglas grün und das Blaufilter erscheint deutlich als grünes Glas, da es ja auch grüne Strahlen ziemlich stark durchläßt und andere nicht vorhanden sind. Bei der umgekehrten Reihenfolge dagegen erscheint das Blaufilter vollständig schwarz, der Uranglaswürfel ebenfalls, da er von den allein durchgelassenen blauen und grünen Strahlen nicht mehr zur Fluoreszenz erregt wird. Mit geeignet gewählten Gelatinefiltern kann man dieselbe Abhängigkeit der Absorption von der Reihenfolge auch im Tageslicht zeigen.

Bei Untersuchung des Polarisationszustandes des Fluoreszenzlichtes findet man zunächst die aus den Lehrbüchern bekannte Tatsache bestätigt, daß Fluoreszenzlicht unpolarisiert ist. Als ich jedoch ein Uranglas von allen Seiten abblendete und den Strahlengang so einrichtete, daß in das Auge, bzw. den Analysator Strahlen drangen, die unter beträchtlichen Winkeln von der Oberfläche des Glases ausgingen, war deutlich eine gewisse, bei nahezu streifender Emission recht beträchtliche Polarisation zu bemerken. Sie erklärt sich ungezwungen dadurch, daß ein aus dem Innern des Uranglases kommender Strahl an der Oberfläche z. T. reflektiert und dabei partiell polarisiert wird. Die weitere Theorie habe ich an anderer Stelle [2]) veröffentlicht.

Der wirksame Bereich des ultravioletten Strahlenkegels erstreckt sich überraschend weit. Die Absorption in der Luft ist für den in Betracht kommenden Strahlenbereich wohl nicht besonders groß, denn man kann bequem durch einen etwa 10 m langen Hörsaal hindurch die gegenüberliegende Wand ableuchten und zeigen, wie dort hängende Papierbilder im allgemeinen fluoreszieren, während etwa eine Schalttafel aus Marmor dies nicht tut, sondern vollkommen schwarz aussieht. Die Papier-

[1]) Eine Sammlung geeigneter Demonstrationsobjekte liefert z. B. die Firma Fritz Köhler in Leipzig, Windscheidstr. 33.

[2]) Felix Jentzsch, Studien über Emission und diffuse Reflexion. Gießener Habilitationsschrift. J. A. Barth. 1912. § 6. Emission polarisierten Lichtes. S. 25—28. Vgl. auch Ann. d. Phys. **39**, S. 1014, 1912.

skalen von etwa auf der Schalttafel befindlichen Meßinstrumenten leuchten grünlichgelb auf. Nahezu alle Papiersorten fluoreszieren grünlich. Übrigens pflegt Marmor, wenn er glänzend poliert ist, auch eine geringe Spur von Fluoreszenz zu zeigen, die wohl auf Rückstände des Poliermittels zurückzuführen ist.

Von weiteren Objekten, die man leicht zur Hand hat, nenne ich vor allem die eigenen Hände, die weißlich-blau fluoreszieren, auf der Innenseite meist heller als auf der pigmentreicheren Oberseite. Ferner die Fingernägel und die sehr hellstrahlenden Zähne. Wer nicht die Gefahr scheut, die übrigens wohl erst nach langdauernder Einwirkung wirklich vorhanden ist, mag auch die sehr starke Fluoreszenz des Augapfels zeigen. Paraffin leuchtet blau, das niedrig schmelzende etwas heller und weißlicher als die bei höherer Temperatur schmelzenden Sorten. Zigarrenasche enthält blaue und rote Teilchen. Ferner sind geeignet Knochen und Bein aller Art, die an Gebrauchsgegenständen, wie Federhalter, Taschenmesser usw. oft zu finden sind. Geeignet sind auch alle Kitte und Harze, z. B. auch Bernstein. Von Streichhölzern leuchten manche imprägnierte Sorten tief dunkelrot mit dunkelgelber Kuppe in sehr strahlendem Licht.

Dann wird man dazu übergehen die Lumineszenzerscheinungen von Mineralien zu demonstrieren. Leuchtet man mit einer Lumineszenzlampe die Schränke einer mineralogischen Sammlung ab, so blitzen im sonst tiefdunklen Raum allenthalben Kristalle und Steine auf, in allen Farben des Spektrums. Auch einzelne Adern auf großen Blöcken sieht man bisweilen aufleuchten, die im Tageslicht nichts von ihrer Existenz verraten. Für mancherlei Fragen der Petrographie und Mineralogie könnte man mit der Luminiszenzmethode vielleicht eine Lösung finden. Man muß bei der Beurteilung dieser Erscheinungen beachten, daß die Fluoreszenz eines Kristalls nicht allein durch die ihn aufbauende Substanz bedingt wird, sondern daß sie oft in der Hauptsache eine Folge von geringen Verunreinigungen, d. h. Beimengungen von der Kristallsubstanz fremden Stoffen ist. Da diese Beimengungen von Vorkommen zu Vorkommen nach Art und Stärke variieren, so bietet die Bestrahlung von Mineralien mittelst der Lumineszenzlampe nicht nur ein Hilfsmittel zur Unterscheidung der Mineralien selbst, sondern man kann durch Vergleich in vielen Fällen treffend auf die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Vorkommen schließen. Trotz zahlreicher Untersuchungen, die allerdings meist nur orientierenden Charakter tragen, sind diese ganzen Verhältnisse noch wenig erforscht. Obwohl die Erscheinung der Fluoreszenz vom Flußspat (Kalziumfluorit) ihren Namen hat, ist sie bei diesem Mineral im Vergleich zu den später genannten sehr unansehnlich. Die schwach blaue oder schwach gelbe Eigenstrahlung der Flußspate rührt von Beimengungen seltener Erden her. Kalkspat, vielfach Spuren organischer Substanzen enthaltend, fluoresziert meist gelblich oder blau-weiß, die manganhaltigen, wasserklaren Kristalle von Island dagegen schwach dunkelrot. Prächtige Erscheinungen liefern die Edelsteine. Diamanten fluoreszieren in allen Farben, z. B. blau, grün, rosarot. Opale gelbweiß bis blauweiß, Saphir gelb, Smaragd grünlich, Spinell rot, Topas grün und gelb. Bemerkenswert ist ferner das starke rote Eigenlicht des Rubins. Künstlicher Rubin[1]) verhält sich übrigens genau ebenso wie echter. Beide zeigen hauptsächlich eine Doppellinie bei 696 und 694 $\mu\mu$. Viele Sodalithe zeigen hellrote Fluoreszenz. Schon im Handstück sodalithführender Gesteine verrät sich bei der Bestrahlung dieses Mineral durch sein lebhaftes Eigenlicht. In den vulkanischen Auswürflingen des Monte Somma kann es auf diese Weise leicht von den hellblau fluoreszierenden Zeolithen und der nicht fluoreszierenden Grundmasse unterschieden werden. Besonders prächtig sind die Erscheinungen der Fluoreszenz bei den Mineralien der von Th. Liebisch[2]) hieraufhin eingehend untersuchten Willemit-Gruppe ausgeprägt.

[1]) A. Miethe, Über das Spektrum des Rubins. Verh. d. D. Phys. Ges. 9, S. 715—717, 1907

[2]) Th. Liebisch, Über die Fluoreszenz der Sodalith- und Willemitgruppe im ultravioletten Licht. Berl. Ber. 1912.

Bei allen optisch anisotropen Kristallen ist die auftretende Fluoreszenz mehr oder weniger stark polarisiert, was man durch Zerlegung des Fluoreszenzlichtes mittelst eines Dichroskops feststellen kann. Das Fluoreszenzlicht wird dann auch durch ultraviolette Strahlen von bestimmter Schwingungsrichtung am stärksten erregt. Diese Schwingungen liegen bei einachsigen Mineralien parallel oder senkrecht zur optischen Achse, bei zweiachsigen Mineralien zumeist in der Ebene der optischen Achsen oder senkrecht dazu. Gelegentlich wie beim Beryll und Smaragd tritt auch deutliche pleochroitische Fluoreszenz auf: Außer der Intensität ändert sich also auch die Farbe des Fluoreszenzlichtes mit der Schwingungsrichtung im Kristall.

Wir sahen, daß schon geringe Spuren gewisser Beimengungen die Fluoreszenz in Farbe und Intensität verändern und sogar bestimmen können. Es liegt also nahe, diese Beobachtung für chemische Untersuchungen zu verwenden, wenn es sich darum handelt, die Reinheit oder Unreinheit einer Substanz festzustellen. Zu diesem Zwecke hat man nur nötig, die Chemikalien in einem möglichst dünnen Gefäß, am besten aus Quarzglas oder U.V.-Glas in den Strahlengang zu halten und sie je nach den Umständen mit freiem Auge oder einer Lupe, oder auch in der oben beschriebenen Weise unter dem Mikroskop zu untersuchen, ob in der Masse einzelne dunkler oder heller leuchtende Partikelchen vorhanden sind. In der Regel wird man nämlich die Beobachtung machen, daß absolut reine Chemikalien fast gar nicht oder nur selten fluoreszieren. Bei den Chemikalien zweiter Qualität zeigen sich aber meist eine große Anzahl von leuchtenden Partikelchen, die auf Verunreinigungen zurückzuführen sind. So zeigt z. B. nach H. Lehmann [1]) Sublimat bisweilen sehr hell gelbrot leuchtende Punkte [2]) und größere Konglomerate, dicht neben tiefschwarzen Stücken, ferner enthält Borsäure hellrote und blaue Teilchen, Kaliumsulfid intensiv dunkelrote, Kalziumsulfid rote und grüne, Bleinitrat zeigt an den verwitterten Stellen der Kristalle orangerote Fluoreszenz usw. Einige organische Verbindungen, die in ganzer Masse leuchten, habe ich schon oben genannt. Hier sei noch auf die Uranylverbindungen und die von Soret untersuchten Salze seltener Erden wie Erbium, Didym, Lanthan u. a. hingewiesen. Eine Anwendung auf Pottasche beschreibt Ottomar Wolff [3]), dem es gelang, die ultraviolette Bestrahlung als eine Art „Lumineszenzanalyse“ auszubilden zur schnellen und exakten Prüfung der Pottasche auf Schwefelkalium, das die wesentlichste und unangenehmste Verunreinigung der käuflichen Pottasche darstellt.

Über die Fluoreszenz von organischen Geweben im ultravioletten Licht ist bis jetzt noch wenig bekannt. Eine eingehende Untersuchung liegt von Hans Stübel [4]) vor. Danach ist die überaus auffallende Fluoreszenz der menschlichen Haut in ihrer verschiedenen Stärke durch den wechselnden Pigmentgehalt bedingt. Lokale Pigmentanhäufungen (bzw. Pigmentverarmungsstellen) auf einer größeren Fläche heben sich sehr deutlich ab. So fand Stübel Fluoreszenz z. B. bei den Augen aller Wirbeltiere, den Vogelfedern, der Schildkrötenschale, in der Haut und den Blutgefäßwandungen der Amphibien, Schuppen der Fische, Panzer der Krebse, Haut des Regenwurms usw. Als wichtiges Resultat seiner Unternehmungen ist noch zu betonen, daß Hämoglobin und seine sämtlichen Derivate nicht fluoreszieren. Für künftige Untersuchungen ist bedeutungsvoll, daß man bisweilen einzelne Organe deutlicher im Fluoreszenzlicht unterscheidet als bei gewöhnlicher Beleuchtung. Als besonders schönes Beispiel dafür führt Stübel den Regenwurm an; während die mehr oder weniger stark pigmentierte Haut sehr schwach fluoresziert und an ihren dunklen Partien überhaupt kaum, heben

[1]) H. Lehmann, l. c. S. 15.

[2]) Diese Teilchen stellten sich später als Kalomel heraus.

[3]) Ottomar Wolff, Die Ultraviolett-Filterlampe als wichtiges Hilfsmittel zur Bestimmung der Reinheit chem. Produkte. „Chemiker-Zeitung“ 1912, Nr. 22, S. 179.

[4]) Hans Stübel, Die Fluoreszenz tierischer Gewebe im ultravioletten Licht. Pflügers Archiv für Physiologie, **142**, 1911.

sich die bei gewöhnlichem Licht mit bloßem Auge nur schwer erkennbaren Chitinborsten deutlich als mattgrün leuchtende Punkte von ihrem dunklen Hintergrunde ab. Es erscheint demnach nicht als ausgeschlossen, daß auch in der Biologie die Beobachtung der Fluoreszenz in gewissen Fällen als Untersuchungsmethode verwertet werden kann.

Als wesentlich ist ferner zu bezeichnen, daß ein Gewebe um so stärker fluoresziert, je wasserfreier und fester es ist, also je weniger mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume es einschließt. Ein vertrocknetes Gewebe leuchtet stärker als ein frisches. Faszien und Sehnen leuchten heller als Muskeln. Noch heller leuchtet der Knochen. Besonders deutlich sieht man dies am Unterschied der Fluoreszenz der Haut gegenüber den Nägeln und der äußerst starken Fluoreszenz der Zähne. Als Demonstrationsversuch sehr geeignet ist die Fluoreszenz des Hühnereis. Bringt man ein hartgesottenes, mitten durchgeschnittenes Hühnerei in den ultravioletten Strahlengang, so leuchtet die äußere Schale rötlich-weiß, die Eihaut bläulich-weiß, das Eiweiß zitronengelb und der Dotter dunkelgelb. Milch, Butter, Fett leuchten gelb wie das gekochte Eiweiß.

Eine zur Zeit noch gar nicht abzusehende Bedeutung hat vielleicht eine Beobachtung von Dr. Hans L. Heusner in Gießen, wonach erkrankte Gewebe eine von der Norm abweichende Fluoreszenz aufweisen. Es lassen sich in der Tat beginnende Erkrankungen der Haut durch solche abweichende Fluoreszenz schon frühzeitig erkennen, zu einer Zeit, da sich Unterschiede bei gewöhnlichem Licht noch nicht oder kaum nachweisen lassen.

Vorstehende Zusammenstellung lag bereits vor Ausbruch des Krieges im Frühjahr 1914 druckfertig vor.

## Das Ruder als Hebel.

Von R. Weller an der Oberrealschule in Cannstatt.

Im 1. Heft dieses Jahrgangs S. 17 hat Herr Dr. Cassebaum einen Aufsatz über das Ruder als Hebel veröffentlicht. Er bemerkt, daß in den Lehrbüchern ein „Eingehen auf die besonderen hier vorliegenden Verhältnisse“ sich nur vereinzelt finde. Ich halte ein näheres Eingehen auf derartige Beispiele allerdings nicht für die Aufgabe eines Lehrbuchs, das dem Schüler als Stütze dienen soll, sondern für die Aufgabe des Lehrers, der die Merk- und Schlagwörter des Lehrbuchs mit Leben erfüllen soll.

Herr Dr. Cassebaum zeigt, wie das geschehen kann. Doch scheint mir seine Darstellung nicht vollständig. Er überträgt die Druckkraft der Füße, die in der Mitte des Bootes wirkt, auf das Ruder in den Dollen, verschiebt also eine Kraft parallel, ohne gerade an diesem geschickt gewählten Beispiel den Umstand auszunützen, daß bei der Parallelverschiebung einer Kraft auch ein Drehmoment entsteht, das freilich bei Benutzung zweier Ruder durch ein Drehmoment im anderen Sinne aufgehoben wird. Gerade die Ruderaufgabe bietet aber eine Möglichkeit, die Begriffe: Kraftgewinn, Kräftepaar, Verlegung einer Kraft parallel ihrer Wirkungslinie, Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung eingehender zu behandeln.

Es greife in $H$ (Fig. 1) die Muskelkraft $P$ an; $B$ sei der Drehpunkt, den ich, um die Einseitigkeit des Hebels klar zu machen, durch einen aus dem Wasser ragenden Pfahl verkörpert denke [1]). In $N$ wirkt somit nach dem Hebelgesetz die größere Kraft $R$, wobei $R = \frac{P(a+b)}{b}$ ist. Durch $R$ ist nun $P$ ersetzt und man kann nun diese Kraft

[1]) Das Ruder ist für einen objektiven Beobachter als einseitiger Hebel aufzufassen, weil ja nicht das Wasser an der Schaufel bei ruhender Dolle, sondern die Dolle und damit das Boot bei ruhender Schaufel bewegt werden soll.

ganz außer acht lassen. Am Boden des Bootes wirkt, wegen der Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung, die $P$ gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Gegenkraft $P'$[1]). Nun fügt man $P'$ auf beiden Seiten eine Kraft $K = R - P$ hinzu, wodurch ja nichts geändert wird. Aber man sieht jetzt, daß ein Kräftepaar $D$ mit dem Drehmoment $R \cdot a = \frac{P(a+b)a}{b}$ entstanden ist, das das Boot im umgekehrten Uhrzeigersinn (Fig. 2) zu drehen strebt, und daß noch eine Einzelkraft $K = R - P = P\frac{a}{b}$ übrig bleibt, welche das Boot vorwärts treibt. Dieser Kraft steht zunächst noch nicht der Widerstand $Q$ des Wassers entgegen, sondern sie dient dazu, der Masse des Bootes eine Beschleunigung zu erteilen; erst bei wachsender Geschwindigkeit vergrößert sich auch der Widerstand, bis endlich die Geschwindigkeit so groß und gleichförmig geworden ist, daß die Kraft $K$ nur noch dazu dient, den Wasserwiderstand zu überwinden. Leicht kann man auch zeigen, daß das Verhältnis der Einzelkraft $K$ zum Drehmoment $D$ für eine bestimmte Ruderlänge ein und dasselbe ist, wie groß auch das Verhältnis $a : b$ genommen wird, daß dagegen für kleinere $(a+b)$ $K$ im Verhältnis zu $D$ größer wird. Es ist nämlich $\frac{K}{D} = \frac{1}{a+b}$. Würde die Kraft innerhalb des Drehpunkts $N$ am Boot angreifen (Fig. 3), so kann man ebenso einfach zeigen, daß eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung stattfinden würde. Greift die Kraft an den Dollen selbst an (Einwurf des Schülers von Cassebaum), so hebt sich Kraft und Gegenkraft einfach auf (Fig. 4).

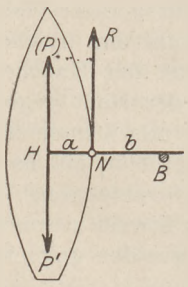


Fig. 1.

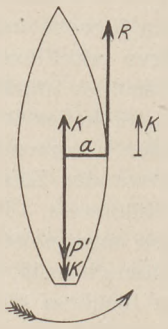


Fig. 2.

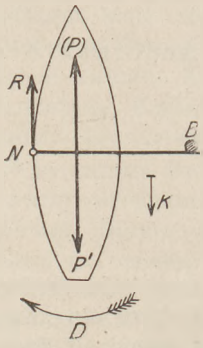


Fig. 3.

Fig. 4.

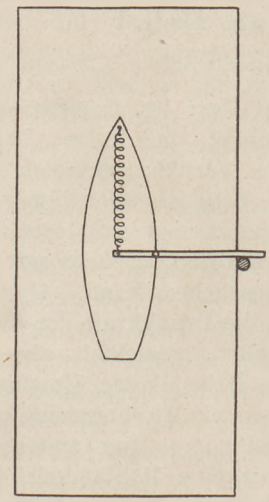


Fig. 5.

Bei Benützung zweier Ruder heben sich die Drehmomente auf, und es bleibt eine Kraft $2(R - P) = 2P\frac{a}{b}$.

Auch ich benütze ein Modell (Fig. 5): ein richtiges kleines Boot, in dessen Hohlraum verschiedene Gewichte gelegt werden können. Dieses Boot lasse ich auf der nahezu vollständig gefüllten pneumatischen Wanne schwimmen. Dadurch wird es möglich, auch die Drehbewegung, die beim Arbeiten mit einem Ruder entsteht, zu demonstrieren. An der Längswand der Wanne wird ein Draht aufgesteckt als Anschlagspunkt für das Ruder, das sich ebenfalls um eine Dolle auf einer Glasperle drehen kann und seitliche Bewegungsfreiheit hat. Die Ruderkraft wird durch stark dehnbare Federn verkörpert. Das eine Ende der Feder wird am Bug des Bootes

[1]) Es ist hier der geeignete Ort, zu bemerken, daß Kraft und Gegenkraft im allgemeinen auf verschiedene Körper einwirken (z. B. Fall des Steines gegen die Erde), wodurch das Axiom dem Anfänger häufig verschleiert wird, während hier Kraft und Gegenkraft auf einen und denselben Körper wirken.

festgemacht, das andere kann mit einer Stecknadel auf dem leichten Holzruder befestigt werden. Dadurch und weil das Ruder mehrere Bohrungen zum Einsetzen in die Dollen hat, kann die Länge $a:b$ beliebig verändert und auch der Fall der Fig. 3 verwirklicht werden. Wird das eine Ende der Feder außerhalb des Boots (an der Breitseite der Wanne) festgemacht, so entspricht das dem auf dem Stege stehenden Ruderer Cassebaums.

## Das Ruder als Hebel.

Von Dr. J. Feder in Frankfurt a. M.

### I. Dreh- und Beschleunigungspunkt des Ruders.

Die folgenden Zeilen enthalten einige Ergänzungen zu dem im Januarheft der vorliegenden Zeitschrift erschienenen Aufsatz von H. Cassebaum[1]) „Das Ruder als Hebel". Wie der Verfasser bemerkt, besitzt das Ruder relativ zum Boot und zur Erde verschiedene Drehpunkte. In der Tat haben wir bei dem fahrenden Boot einen Komplex von drei gegeneinander verschiebbaren Systemen:

I. das Boot,
II. das Wasser (= Erde),
III. das Ruder.

Berücksichtigen wir, daß jedes dieser drei Systeme bez. der beiden anderen je einen momentanen Drehpunkt besitzt, daß aber der Drehpunkt eines ersten Systems bez. eines zweiten zusammenfällt mit dem Drehpunkt des zweiten bez. des ersten, so werden wir bei unserem Komplex im ganzen drei Drehpunkte zu erwarten haben.

Wie sich leicht geometrisch oder mit Hilfe der Formeln der Kinematik beweisen läßt, liegen diese drei Drehpunkte in einer geraden Linie. Bezeichnen wir den gegenseitigen Drehpunkt zweier Systeme $i$ und $k$ mit $Dik$ und die Winkelgeschwindigkeiten der Systeme II und III bez. I mit $\varphi_2'$ und $\varphi_3'$, so verhält sich

$$D_{12}\,D_{23} : D_{13}\,D_{23} = \varphi_3' : \varphi_2',$$

wobei die Vorzeichen dieser vier Größen zu berücksichtigen sind.

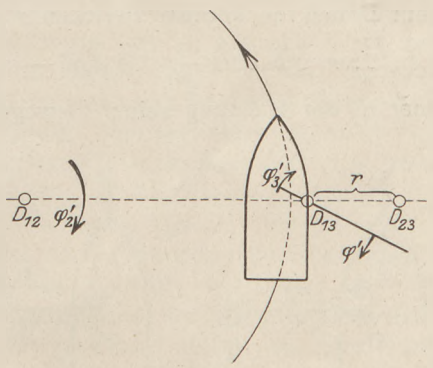


Fig. 1.

Solchen Komplexen von drei Systemen begegnet man in der Praxis nicht selten. Bei zwei ineinander greifenden Zahnrädern z. B. haben wir

I. die als ruhend gedachte Bezugsebene,
II. das Profil des einen Zahnrads,
III. das Profil des anderen Zahnrads.

Wir wollen aber den oben erwähnten Satz auf ein im Kreise fahrendes Boot anwenden. Bei der vorhin angegebenen Numerierung der drei Systeme fällt der Drehpunkt $D_{12}$ in den Mittelpunkt des Kreises, $D_{13}$ in den Dollen. Bewegt sich das Boot im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers in einer kreisförmigen Bahn (Fig. 1), so hat $\varphi_2'$, die Winkelgeschwindigkeit des Wassers relativ zum Boot, den Sinn des Uhrzeigers. Die Geschwindigkeit des äußeren Dollens beträgt $v = D_{12}\,D_{13} \cdot \varphi_2'$. Bedeutet schließlich noch $\varphi_3' = \varphi'$ die Winkelgeschwindigkeit des Ruders bez. des Bootes, so folgt aus

[1]) Jahrgang 1919, p. 17 u. f.

$$D_{12}D_{23} : D_{13}D_{23} = \varphi_3' : \varphi_2',$$
$$D_{13}D_{23} \cdot \varphi_3' = D_{12}D_{23} \cdot \varphi_2' = (D_{12}D_{13} + D_{13}D_{23}) \cdot \varphi_2',$$
$$D_{13}D_{23}(\varphi_3' - \varphi_2') = D_{12}D_{13} \cdot \varphi_2' = v$$
$$D_{13}D_{23} = \frac{v}{\varphi_3' - \varphi_2'} = \frac{v}{\varphi' - \varphi_2'}.$$

Der Drehpunkt $D_{23}$ hat demnach vom Dollen den Abstand $r = \frac{v}{\varphi' - \varphi_2'}$.

Bewegt sich das Boot in einer geradlinigen Bahn, so ist $\varphi_2' = o$, $v$ die Geschwindigkeit des Bootes.

Die sich ergebende Formel

$$r = \frac{v}{\varphi'}$$

läßt sich auch leicht direkt verifizieren, da nämlich der durch den Abstand $r$ vom Dollen bestimmte Punkt $D_{23}$ in der Zeit $\Delta t$ mit dem Boot um das Stück $v \cdot \Delta t$ vorwärts rückt, aber in derselben Zeit mit dem Ruder um das gleiche Stück $r \cdot \varphi' \cdot \Delta t = v \cdot \Delta t$ zurückgeht.

Der Drehpunkt $D_{23}$ kann, je nach dem Wert des Verhältnisses $r = \frac{v}{\varphi'}$, die verschiedensten Lagen zum Boot und zum Angriffspunkt des Gegendrucks $Q$ des Wassers gegen die Ruderfläche haben.

Betrachten wir der Einfachheit wegen das Ruder lediglich in seiner mittleren Lage und verstehen unter $b$ den Abstand des mittleren Angriffspunktes der Kraft $Q$ vom Dollen, so können zwischen $r$ und $b$ die folgenden Beziehungen bestehen:

1. $r < b$ oder $\frac{v}{\varphi'} < b$, $b\varphi' - v > o$. Die Kraft $Q$ wirkt dann treibend auf das Boot in der Richtung seiner Bewegung (Fig. 2).

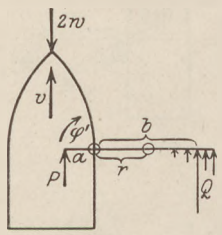


Fig. 2.

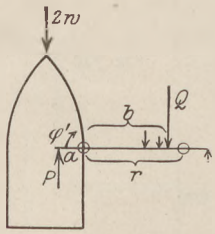


Fig. 3.

2. $r > b$ oder $b\varphi' - v < o$.

Der Druck $Q$ wirkt der Bewegung des Bootes entgegen; die Ruder dienen also zum Bremsen der Bewegung (Fig. 3).

3. Die Unmöglichkeit des Falles

$$r = b$$

erkennt man, wenn man $r$ von einem kleinen zu großen Werten anwachsen läßt. Solange der Drehpunkt zwischen dem Dollen und der Schlagfläche des Ruders liegt, haben die Gegendrücke des Wassers gegen sämtliche Teile der Schlagfläche die gleiche Richtung. Die Mittelkraft $Q$ all dieser Drücke trifft somit irgendwo die Schlagfläche. Es ist demnach $b > r$. Sobald aber bei wachsendem $r$ der Drehpunkt $D_{23}$ (eigentlich die Drehachse) in die Schlagfläche hineinrückt, sie also in zwei Teile zerlegt, wirken die Wasserdrücke auf diese beiden Teile in entgegengesetzten Richtungen. Die beiden Mittelkräfte dieser Teildrücke sind daher auch entgegengesetzt gerichtet. Während nun der Drehpunkt $D_{23}$ in dem Raume zwischen diesen beiden Mittelkräften liegt, verläuft die Resultierende $Q$ der letzteren außerhalb desselben Raumes; folglich ist $b \gtrless r$. Bei einer gewissen Lage des Drehpunktes $D_{23}$ sind die beiden entgegengesetzten Mittelkräfte gleich groß, bilden also ein Kräftepaar. Dann liegt der Angriffspunkt der Resultierenden $Q$ im Unendlichen. Entfernt sich nun $D_{23}$ noch weiter vom Dollen und rückt wieder aus der Schlagfläche heraus, so wirkt der Wasserdruck auf sämtliche Teile der letzteren wieder in ein und derselben Richtung, so daß die Resultierende $Q$ die Schlagfläche irgendwo trifft. Es ist also $b < r$ geworden. Der Drehpunkt des Ruders

kann demnach niemals mit dem Angriffspunkt des Wasserdrucks $Q$ zusammenfallen.

Bei normalem Gebrauch der Ruder ist Fall 1 verwirklicht; diesen Fall setzen wir deshalb im Folgenden voraus.

Der Anblick der Fig. 2 lehrt:

„Wird die Geschwindigkeit des Bootes durch irgend eine Ursache (z. B. durch Gegenwind) verringert, während die Winkelgeschwindigkeit $\varphi'$ der Ruder durch entsprechende Änderung der Kraft $P$ auf gleicher Höhe erhalten bleibt, so rückt $\left(\text{gemäß der Gleichung } r = \frac{v}{\varphi'}\right)$ der Drehpunkt $D_{23}$ näher ans Boot. Um so größer wird die Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Teile der Schlagfläche gegen das Wasser bewegt werden, um so größer wird die Kraft $Q$, so daß die Verzögerung des Bootes wieder zum Teil ausgeglichen wird."

Auch die Lage des Beschleunigungszentrums[1]) des Ruders relativ zur Erde läßt sich für konstantes $\varphi'$ leicht bestimmen. Zieht man nämlich durch den Dollen $D$ parallel zur Fahrtrichtung die Linie $n = DB$ (Fig. 4) uud läßt $DB$ an der Bewegung von Boot und Ruder teilnehmen, so hat $B$ die Zentralbeschleunigung $n \cdot \varphi'^2$ und außerdem die Beschleunigung $p$ des Bootes. Ist demnach

$$n \cdot \varphi'^2 = p,$$

so hat $B$ die Beschleunigung $o$, d. h. $B$ ist Beschleunigungszentrum.

## II. Die Kräfte auf Ruder und Boot.

Herr Cassebaum hebt in seinem Aufsatz hervor, daß man bei der Berechnung der auf das Ruder wirkenden Kräfte zu einem richtigen Resultat gelangt, wenn man das Hebelgesetz auf den Dollen als Drehpunkt anwendet, trotzdem die Annahme — Drehpunkt im Dollen — unzutreffend sei. Das ist nun nicht weiter zu verwundern, da ja der Hebel- oder allgemeiner der Momentensatz bei beliebiger Annahme des Drehpunktes anwendbar ist, vorausgesetzt, daß keine der wirksamen Kräfte vernachlässigt wird. Jener Satz, der zunächst lediglich für ein Gleichgewichtssystem gilt, kann aber bekanntlich auch bei einem beliebig bewegten System benutzt werden, insofern man die dem d'Alembertschen Prinzip entsprechenden Beschleunigungskräfte einführt. Zu deren Berechnung hilft aber die Kenntnis des Drehpunktes des Systems gar nichts, wie denn überhaupt dem Drehpunkt kaum die Bedeutung zukommt, die ihm im Unterricht häufig beigelegt wird. Bei Untersuchungen, die zum Gebiet der Kinematik gehören — es handle sich z. B. um die Entscheidung, ob die relative Bewegung zweier Systeme rollend oder gleitend ist, oder es sei die Bewegung der einzelnen Punkte eines Systems nach Richtung und Geschwindigkeit zu untersuchen

[1]) Bei der Bewegung einer Fläche relativ zu einer anderen existiert in jedem Moment in der ersteren ein Punkt, dessen Beschleunigung den Wert $o$ hat. Für dieses sog. Beschleunigungszentrum leitet man aus den Formeln der Kinematik den grundlegenden Satz ab:

„Trägt man von beliebig vielen Punkten der beweglichen Ebene aus deren Beschleunigungen nach Größe und Richtung ab, so sind all die Dreiecke, die diese Beschleunigungen als Basis und das momentane Beschleunigungszentrum als Spitze besitzen, einander ähnlich".

Dieser Satz läßt sich auch rein geometrisch beweisen, wenn man sich die momentane Beschleunigung eines jeden Punktes zusammengesetzt denkt aus der Beschleunigung, die er infolge seiner Drehung um das momentane Drehzentrum hat, und aus der Beschleunigung des Drehzentrums selbst.

Ist die Winkelbeschleunigung der beweglichen Ebene $\varphi'' = o$, so folgt aus unserem Satze, daß für alle Punkte dieser Ebene die Beschleunigungsrichtungen durch das Beschleunigungszentrum gehen.

Die Größe der einzelnen Beschleunigung reduziert sich dann auf die bekannte Zentripetalbeschleunigung $p = \frac{V^2}{R} = R \cdot \varphi'^2$.

und daraus eventuell die Arbeit gewisser Kräfte oder der Widerstand des Mittels gegen die Bewegung zu berechnen —, bei solchen Untersuchungen kann die Kenntnis des Drehpunktes gute Dienste leisten.

Die Beschleunigungskräfte aber lassen sich leicht berechnen, wenn man für den betreffenden Moment das Beschleunigungszentrum, die Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung kennt.

In der Dynamik spielt demnach das Drehzentrum eine untergeordnete, das Beschleunigungszentrum aber eine hervorragende Rolle. Da jedoch beide Punkte häufig zusammenfallen, so werden dem Drehpunkt manchmal Eigenschaften zugesprochen, die ihm nicht als Drehpunkt, sondern als Beschleunigungszentrum zukommen. So strahlen bei einer kreisförmigen Bewegung die Zentrifugalkräfte vom Mittelpunkt der Bahn aus, aber nicht etwa, weil letzterer Dreh-, sondern weil er Beschleunigungszentrum ist.

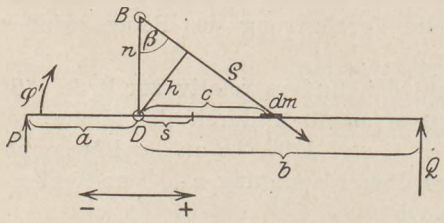


Fig. 4.

Mit Hilfe des letzteren Punktes wollen wir nun die Beziehungen zwischen den auf Boot und Ruder wirkenden Kräften aufsuchen, setzen aber der Einfachheit wegen das Ruder wieder durchweg in seiner mittleren Lage voraus.

Das Massenelement $dm$ des Ruders (Fig. 4) habe vom Beschleunigungszentrum $B$ den Abstand $\varrho$, $h$ bezeichne den Abstand des Dollens $D$ von $\varrho$, $a$ den Hebelarm der am inneren Ruderende angreifenden Kraft $P$, $b$ den Hebelarm des Wasserdrucks Q. Bei konstanter Winkelgeschwindigkeit $\varphi'$ ist die Beschleunigung $\varrho \cdot \varphi'^2$ von $dm$ nach $B$ hin gerichtet. Der Beschleunigungsdruck hat die entgegengesetzte Richtung und die Größe

$$dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2.$$

Seine Komponenten sind:

entgegengesetzt zur Fahrtrichtung $dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2 \cdot \cos\beta$,
senkrecht „ „ $dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2 \cdot \sin\beta$,

wobei $\beta$ den Winkel $\varrho$, $n$ bezeichnet.

1. Die Summe der auf das Ruder wirkenden Kräfte parallel zur Fahrtrichtung beträgt

$$P + Q - \Sigma dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2 \cos\beta = P + Q - \Sigma dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2 \cdot \frac{n}{\varrho} =$$

$$P + Q - n\varphi'^2 \cdot \Sigma dm = P + Q - n\varphi'^2 \cdot Mr = (Mr = \text{Masse des Ruders}).$$

$$P + Q - p \cdot Mr \qquad (p = \text{Beschleunigung des Bootes}).$$

Dieser Druck wird vom Dollen aufgenommen und wirkt als treibende Kraft auf das Boot; allerdings ist noch der mit den Füßen des Rudernden ausgeübte Gegendruck $P$ in Abzug zu bringen.

Die treibende Gesamtkraft ist demnach

$$2(Q - p \cdot Mr) = 2(W + M \cdot p). \quad [2W = \text{Gesamtwiderstand des Wassers},$$

$2M = \text{Gesamtmasse des Bootes}]$.

$$\text{I.} \quad Q = W + (M + Mr) \cdot p.$$

2. Die Summe der Kräfte senkrecht zur Fahrtrichtung ist

$$\Sigma dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2 \cdot \sin\beta = \Sigma dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2 \cdot \frac{c}{\varrho} = \varphi'^2 \Sigma dm \cdot c$$

($c$ = Abstand des Teilchens $dm$ vom Dollen).

$$\text{II.} \quad \varphi'^2 \cdot Mr \cdot s.$$

Hierin ist $s$ der Abstand des Schwerpunktes des Ruders vom Dollen; $s$ soll als positiv gelten, wenn der Schwerpunkt des Ruders auf seinem äußeren Teile liegt. Der Gegendruck zu der berechneten Kraft $\varphi'^2 \cdot Mr \cdot s$ wird vom Dollen oder von der Hand des Rudernden ausgeübt.

3. Die Summe der Drehmomente für den Dollen als Drehpunkt

$$P \cdot a - Q \cdot b + \Sigma dm \cdot \varrho \cdot \varphi'^2 \cdot h =$$
$$P \cdot a - Q \cdot b + \varphi'^2 \cdot \Sigma dm \cdot c \cdot n =$$
$$P \cdot a - Q \cdot b + \varphi'^2 \cdot n \cdot \Sigma dm \cdot c =$$
$$\text{III.} \quad P \cdot a - Q \cdot b + p \cdot Mr \cdot s = o.$$

Sind $p$ und $s$ positiv, welche Annahmen wohl zutreffen, so ergibt sich aus III.

$$P \cdot a < Q \cdot b.$$

Demnach ist $P$ kleiner als der Wert, der sich aus der Gleichung $P \cdot a = Q \cdot b$ berechnet.

Setzen wir aus I. den Wert von $Q$ in III. ein, so erhalten wir

$$P \cdot a = [W + (M + Mr) \cdot p] \cdot b - Mr \cdot p \cdot s \text{ oder}$$
$$\text{IV.} \quad P \cdot a = W \cdot b + M \cdot p \cdot b + Mr\,(b - s) \cdot p.$$

Da wohl immer $b > s$ ist, so sind die drei Summanden auf der rechten Seite von IV positive Größen.

Die Gleichung IV ergibt demnach für $P$ einen größeren Wert als die Gleichung

$$P \cdot a = W \cdot b,$$

die aus IV. für $p = o$ folgt.

Zum Schluß wollen wir noch mit Hilfe des Drehzentrums die Arbeit der vier Kräfte $P$ berechnen, von denen zwei an den inneren Ruderenden angreifen, die beiden anderen mittelst der Füße als Gegendruck gegen das Boot ausgeübt werden. Die Arbeit dieser vier Kräfte in der kleinen Zeit $\Delta t$ beträgt[1]) (Fig. 2)

$$2P \cdot (r + a) \cdot \varphi' \cdot \Delta t - 2P \cdot v \cdot \Delta t = 2P\left(\frac{v}{\varphi'} + a\right) \cdot \varphi' \cdot \Delta t - 2P \cdot v \cdot \Delta t$$
$$= 2P \cdot a \cdot \varphi' \cdot \Delta t = 2W \cdot v \cdot \Delta t + \Delta Lb + \Delta Lr + 2\,\Delta Lr, w,$$

worin $2W \cdot v \cdot \Delta t$ die gegen den Widerstand $2W$ geleistete Arbeit, $\Delta Lb$ und $\Delta Lr$ die Zunahmen der lebendigen Kräfte des Bootes und der Ruder bedeuten, während $2 \cdot \Delta Lr, w$ die Zunahme der direkt von den Rudern auf das Wasser übertragenen Arbeit darstellt.

$$\Delta Lb = \Delta\left(\frac{2M \cdot v^2}{2}\right) = 2Mv \cdot p \cdot \Delta t$$

$$Lr = 2 \cdot \Sigma \frac{dm\,(v - c \cdot \varphi')^2}{2} = (v^2 \Sigma dm - 2v \cdot \varphi' \Sigma dm \cdot c + \varphi'^2 \cdot \Sigma dm \cdot c^2)$$
$$= (v^2 \cdot Mr - 2v \cdot \varphi' \cdot Mr \cdot s + \varphi'^2 \cdot J),$$

$\Delta Lr = 2\,(Mr \cdot v \cdot p - Mr \cdot s \cdot \varphi' \cdot p)$. Wir erhalten demnach

$2P \cdot a \cdot \varphi' \cdot \Delta t = 2W \cdot v \cdot \Delta t + 2M \cdot v \cdot p \cdot \Delta t + 2\,(Mr \cdot v \cdot p - Mr \cdot s \cdot \varphi' p) \cdot \Delta t + 2\,\Delta Lr, w$ oder

$$P \cdot a \cdot \varphi' = W \cdot v + (M + Mr) \cdot v \cdot p - Mr \cdot \varphi' \cdot s \cdot p + \frac{\Delta Lr, w}{\Delta t}.$$

Mit Hilfe von I. $P \cdot a \cdot \varphi' = Q \cdot v - Mr \cdot \varphi' \cdot s \cdot p + \dfrac{\Delta Lr, w}{\Delta t}$,

oder nach III. $V \cdot Q\,(b\varphi' - v) = \dfrac{\Delta Lr, w}{\Delta t}$.

Letztere Gleichung hat den physikalisch selbstverständlichen Inhalt, daß die vom Ruder mittelst des Drucks $Q$ auf das Wasser übertragene Arbeit sich in letzterem als Zunahme der kinetischen und potentiellen Energie wiederfindet.

Würde das Ruder sich statt gegen bewegliche Wassermassen (Fall A) gegen einen festen Punkt anstemmen, der vom Dollen den Abstand $b$ hat (Fall B), so wäre

[1]) Die Arbeit der vier Kräfte $P$ ist von der Wahl des Bezugssystems unabhängig. Anstatt demnach die Wege der Angriffspunkte dieser vier Kräfte auf die Erde zu beziehen, hätten wir sie auch relativ zum Boot berechnen können.

$\measuredangle Lr, w = o$. Der Drehpunkt des Ruders würde mit dem Angriffspunkt von $Q$ zusammenfallen, es wäre also $r = \frac{v}{\varphi'} = b$ oder $b\varphi' - v = o$.

Da zu zwei Lagen des Ruders, die bezüglich seiner mittleren Lage symmetrisch sind, gleiche Werte von $r$ und damit bei konstantem $\varphi'$ auch gleiche Werte von $v = r \cdot \varphi'$ gehören würden, so wäre für die mittlere Ruderlage $p = o$. Die Gleichungen I und IV würden demnach im Falle B die vereinfachte Gestalt $Q = W$ und $P \cdot a = Q \cdot b$ annehmen. Der aus letzterer Beziehung berechnete Wert von $P$ wäre kleiner als der aus IV hervorgehende, vorausgesetzt, daß das Boot in beiden Fällen A und B die gleiche Geschwindigkeit $v$ besitzt und demnach auch den gleichen Widerstand $2W$ zu überwinden hat.

---

## Die induktive Behandlung der Statik nach der Tariermethode Wilhelm Neu's und ihre Verwertung in den physikalischen Übungen.

Von Prof. Schäcker in Annaberg i. Erzgeb.

Der Aufsatz des Herrn Prof. Schulze im 2. Heft dieses Jahrganges veranlaßt mich, auf die von Wilhelm Neu in seiner vor 25 Jahren erschienenen, leider vergessenen oder doch wenig bekannten schönen Programmabhandlung „Apparate und Versuche zur induktiven Behandlung der Statik“ [1]) entwickelte Methode und insbesondere auf die Eignung dieser Versuche zu Schülerübungen hinzuweisen.

Während im Schulzeschen Verfahren durch Auswahl möglichst leichter Angriffskörper deren Gewicht ausgeschaltet wird, geschieht dies von Neu durch Tarieren mittelst Spiralfedern (sog. Hosenträgerspiralen), die durch die gegebenen Kräfte gespannt werden und mit Hilfe von Schnur und Wirbel den Angriffskörper in eine bestimmte Lage bringen. Die gesuchte Ersatzkraft ist alsdann diejenige, die die gleiche Spannung hervorbringt, d. h. die die Lage des Angriffskörpers nicht ändert. Die Methode liefert somit nicht die Gegenresultante, sondern die Resultante selbst.

Neu führt seine Versuche als Wandtafelversuche aus. Für die Schülerübungen schien mir diese Form, so schön und zweckmäßig sie an sich sein mag, aus praktischen Gründen einer Abänderung bedürftig. Ich lasse seit sechs Jahren die Versuche an einem Gestell ausführen, das unser Schultischler für 12 M. hergestellt hat. Der Preis dürfte sich allerdings heute wesentlich höher stellen. Seine Einrichtung und die Versuchsanordnung ist aus Fig. 1 ersichtlich. $a$ ist ein Grundbrett von 130 cm Länge und 25 cm Breite. In das Grundbrett ist in 10 cm Abstand vom Ende je ein trapezförmiges Seitenteil $b$ von 80 cm Höhe eingezapft, dessen parallele Seiten 25 cm und 3 cm betragen. Das rechte Seitenteil trägt an der Vorderseite noch eine Leiste $c$; beide sind durch eine herausnehmbare Leiste $e$ verbunden. Die Leisten $e$, $c$, $d$ sind von gleichen Dimensionen ($2 \times 3$ cm) und dienen zur Befestigung der Rollen, gestatten somit, Kräfte in beliebiger Richtung anzubringen. Auf der Oberseite von $d$ und $e$, sowie auf dem linken Seitenteil $b$ werden Löcher gebohrt, die zur Aufnahme von Wirbeln dienen, und zwar auf $e$ und $d$ je 2 im Abstande von etwa 20 cm von den Enden und 1 auf der äußeren Seite von $b$ links. An den vorderen schmalen Seiten befinden sich an geeigneten Stellen ebenfalls Löcher für die Tragstifte mit Ösen. Der Abstand der letzteren vom Holze entspricht dem Abstande der Rollen. Die Schnuren mit den etwa 15—20 cm langen Tarierfedern werden durch die Ösen geführt und am Wirbel befestigt. Zum Tarieren eines Körpers dienen 3 Federn, falls man die Kräfte in einer Ebene wirken läßt. Liegen sie nicht in einer Ebene,

[1]) Kgl. Realgymnasium Augsburg 1894; vgl. auch diese Zeitschrift II, 94.

so ist eine 4. Feder zu benutzen, die man mit Wirbel und Tragstift auf einer etwa 40 cm langen Leiste anbringt. Die Leiste wird sodann mit einem Ende auf *d* mittelst Zwinge festgeschraubt. Die zum Weinholdschen Rahmenstativ gehörigen Rollen sind gut verwendbar, allerdings bei Anschaffung einer größeren Anzahl zu teuer. Wohlfeiler sind die von Keyl in Dresden zu beziehenden, für den vorliegenden Zweck besonders ausgestatteten, in Kugellagern laufenden Magnaliumrollen (4,40 M. i. J. 1915).

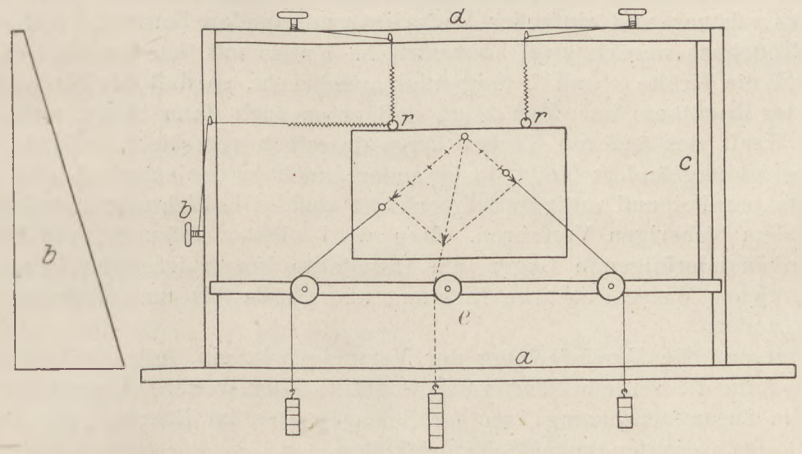



Fig. 1.

Da diese Rollen auch für andere Zwecke recht gut brauchbar sind (z. B. zur Herstellung von Wägelchen), möge eine kurze Beschreibung folgen: Die Flügelschraube (s. Fig.) ist mit ihrem unteren Ende an einem trapezförmigen Eisenstück befestigt, das mit der größeren Fläche *c* längs *b* verschoben werden kann, da die Schraube in einem länglichen Loch bei *a* etwa 3 mm Spielraum hat, so daß während der Verschiebung die Fläche *d* einige Millimeter nach rechts parallel zu sich selbst verschoben wird.

Mit dem beschriebenen Apparat können alle von NEU angegebenen Versuche ausgeführt werden. Da ich nicht voraussetzen darf, daß dieselben allgemein bekannt sind, mögen die wichtigsten in aller Kürze beschrieben werden.

1. Das Kräfteparallelogramm. Die Tarierfedern *a* und *b* werden in den Ring *R* mittelst Häkchen ein-

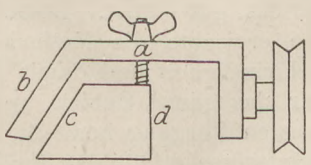



Fig. 2.

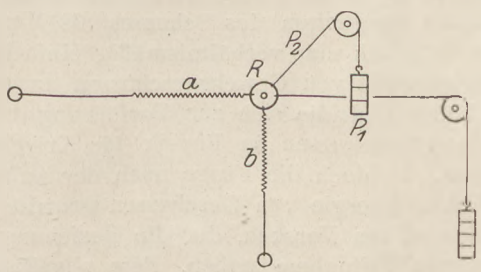



Fig. 3.

gehängt und die Gewichte $P_1$ und $P_2$ über die Rollen gelegt. Die Tarierfedern werden nun mit Hilfe der Wirbel soweit gespannt, daß *a* und *b* einen rechten Winkel bilden, oder man stellt die Schieberspitze eines Vertikalmaßstabes in den Mittelpunkt des Ringes. Hierauf entfernt man die Kräfte $P_1$ und $P_2$ und sucht Richtung und Größe der Ersatzkraft, indem man die Kraftschnur so spannt, daß der Ring wiederum einspielt. Ein Reißbrett wird mit Hilfe einer Holzschraubzwinge vertikal dahinter gestellt und die Kraftrichtungen darauf mit Hilfe eines kleinen Spiegels fixiert. Zusammensetzung von drei und mehr Kräften.]

2. Kräfte in einer Ebene mit verschiedenen Angriffspunkten. Die Anordnung ergibt sich aus Fig. 1. Als Angriffskörper benutze ich ein Brettchen aus Lindenholz, auf das ein Bogen Papier aufgezweckt wird. Mit Hilfe der Spitzen zweier Vertikalmaßstäbe wird die Lage des Brettchens fixiert. Die Kraftschnuren werden mit Reißzwecken befestigt.

3. Parallele Kräfte. Natürlich kann auch das Verfahren von Varignon benutzt werden zum Übergang zu den parallelen Kräften. Dieser Übergang wird aber auch in besonders schöner und einfacher Weise folgendermaßen bewirkt. Auf der Rückseite des Brettchens werden zwei konzentrische Kreise mit den Radien 5 und 15 cm gezogen und die Kräfte 3 und 1 tangential angebracht, so daß der Kreismittelpunkt ein Punkt der Resultante ist. Man zeigt, daß er es auch dann bleibt, wenn man die tangentiale Kraft des äußeren Kreises längs desselben verschiebt, während die des inneren Kreises ungeändert bleibt, insbesondere auch in denjenigen Lagen, in denen beide Kräfte parallel und antiparallel gerichtet sind. Die Richtung und Größe ergibt sich nach dem bisherigen Verfahren. Man wird nicht versäumen, die Schüler für mehrere aufeinanderfolgende Lagen die Resultante konstruieren zu lassen, um zu sehen, in welcher Weise sich ihre Richtung und Größe bis zum Übergange in die Grenzlagen ändern.

Eine wesentliche Vereinfachung der Versuche tritt ein, falls die Kräfte vertikal wirken, da dann die seitliche Tarierung wegfällt. Der weitere Ausbau der Methode führt auf die Zusammensetzung von parallelen Kräften im Raume. Die Ausführung bietet nach dem Gesagten keine Schwierigkeiten.

---

# Über eine Methode zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit von Geschossen[1].

Von Dr. **Erich Günther** in Dresden.

Der Krieg bewirkte im Physikunterricht eine eingehendere Behandlung der Fragen, die zur Kriegstechnik in Beziehung stehen. So ist wohl allgemein die Ballistik stärker betont worden, als es sonst der Fall war. Mit der Grimsehl-Pistole ist eine experimentelle Behandlung des Gebietes, soweit es für die Schule in Frage kommt, recht gut möglich. Gleichwohl bleibt das Fehlen einer Verknüpfung mit den wirklichen Vorgängen des Schusses als Mangel fühlbar, und aus diesem Gedanken heraus habe ich eine verhältnismäßig einfache Methode zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit von Gewehrgeschossen ausgearbeitet, die recht befriedigende Ergebnisse liefert und die sich zur Vorführung im Unterricht gut eignet. Besonders bei den Unterrichtskursen in Physik für Kriegsverletzte erweckte die Methode großes Interesse. Ist doch die Frage nach der Anfangsgeschwindigkeit und damit nach der kinetischen Energie von Geschossen grundlegend für das ganze Gebiet, und naturgemäß wird ein Versuch, der die Beziehung zum realen Vorgang herstellt, auf hervorragende Teilnahme stoßen. Rein physikalisches Interesse erhält das Problem dadurch, daß bei den sehr großen Geschwindigkeiten, besonders wenn kleine Geschoßwege verwendet werden, eine genaue Methode zur Messung sehr kleiner Zeiten angewandt werden muß. Die sonst übliche Methode, bei der das Geschoß auf seinem Wege elektrische Kontakte auslöst und die Registrierung der Zeit durch Funken oder in ähnlicher Weise auf einem Chronographen erfolgt, ist wegen ihrer Kompliziertheit im Unterricht kaum anwendbar.

Die von mir verwendete Methode beruht darauf, daß eine sehr rasch rotierende Trommel senkrecht zur Achse durchschossen wird; Einschuß- und Ausschußstelle liegen

[1]) Bei der Schriftleitung eingelaufen am 15. Nov. 1918.

dann nicht, wie bei der ruhenden Trommel, auf den Endpunkten eines Durchmessers des Kreises, der den Querschnitt der Trommel bildet, sondern die Ausschußstelle ist entgegen dem Umlaufssinne der Trommel verschoben. Aus dem Betrag dieser Verschiebung, dem Umfang und der Umdrehungszahl der Trommel ergibt sich die Zeit, die das Geschoß zum Durchlaufen des Trommeldurchmessers braucht. Die Kürze des verwendeten Geschoßweges ist ein besonderer Vorzug der Methode, der ihre Vorführung im geschlossenen Raume eines Zimmers ermöglicht[1]).

Die experimentelle Durchführung gestaltet sich folgendermaßen: Auf der Achse eines Elektromotors wird eine kreisrunde Scheibe aus starker Holzpappe von 45 cm Durchmesser befestigt. Auf diese ist ein Kartonstreifen von 3,5 cm Breite senkrecht zur Scheibe derart aufgeleimt, daß ein Hohlzylinder von 38,2 cm Durchmesser entsteht, dessen Achse in die Verlängerung der Motorachse fällt; auf den freien Rand der Scheibe ist ein Pappring von 38,2 cm innerem und 45 cm äußerem Durchmesser aufgeleimt, der den Kartonzylinder gegen die auftretenden beträchtlichen Zentrifugalkräfte zusammenhält. Die Scheibe ist außerdem mit acht regelmäßig verteilten Sektorschlitzen versehen. Die Befestigung der Scheibe auf der Motorachse geschieht durch eine Schraube, die durch die Scheibenmitte senkrecht zur Scheibe hindurchgeht und mit einem breiten Kopf die Scheibe gegen die Schnurlaufrolle des Motors drückt; in derselben Weise können auch Lochsirene, Farbscheiben usf. auf der Motorachse befestigt werden (Fig. 1 und 2).

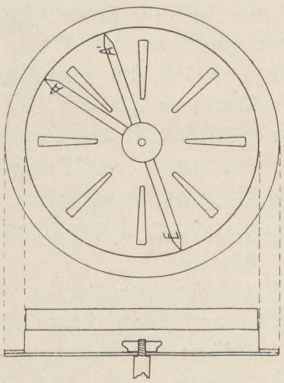


Fig. 1.

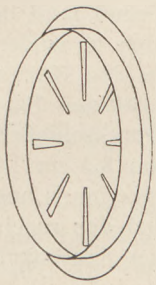


Fig. 2.

Die Sektorschlitze der Scheibe dienen zu der auf stroboskopischem Wege erfolgenden Feststellung der Umdrehungszahl. Beleuchtet man nämlich die Scheibe in der Richtung der Achse mit dem Projektionsapparat, in dem als Lichtquelle eine mit Wechselstrom von 100 Wechseln in der Sekunde betriebene Bogenlampe verwendet wird, so erscheint bei 12,5 Umdrehungen in der Sekunde ein ruhig stehender, stroboskopischer Stern mit acht dunklen Strahlen auf hellem Grunde, wenn man die Scheibe von der Rückseite betrachtet; von einem Durchgang des Wechselstromes durch Null bis zum nächsten, oder von einem Verdunkelungsaugenblick der Lampe bis zum nächsten, also während $^1/_{100}$ Sek. hat sich die Scheibe dann gerade um $^1/_8$ ihres Umfanges weitergedreht. Zu einer vollen Umdrehung braucht sie dabei $^8/_{100}$ Sek. oder ihre Umdrehungszahl ist $\frac{100}{8} = 12{,}5$ in der Sekunde. Erhöht man die Tourenzahl ein wenig, so dreht sich der stroboskopische Stern langsam in demselben Sinne, erniedrigt man sie etwas, so dreht er sich im entgegengesetzten Sinne, wie die Scheibe[2]). Bei ruhig stehendem Stern entspricht also $^1/_8$ des Trommelumfanges, das sind 15 cm, einer Zeit von $^1/_{100}$ Sek.; demnach entspricht eine Länge des Trommelumfanges von 1,5 mm eine Zeit von $^1/_{10000}$ Sek., so daß Zeiten von $10^{-5}$ Sek. noch einigermaßen

[1]) Nach Ausarbeitung der Methode bemerkte ich, daß der gleiche Gedanke einem Geschwindigkeitsmesser für Geschosse von Hartmann & Braun (D.R.P.) zugrunde liegt; vergl. Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen; VI. 1911. S. 197.

[2]) Die interessanten stroboskopischen Erscheinungen bei Verwendung der Wechselstrombogenlampe sollen gelegentlich besonders beschrieben werden. — Vergl. H. Rebenstorff, Stroboskopische Beobachtungen beim Wechselstrom-Bogenlicht (diese Zeitschrift 32, S. 136 [1919]); in dieser Mitteilung werden unabhängig von mir die fraglichen Erscheinungen nach der qualitativen Seite hin kurz behandelt. (Anmerkung bei der Korrektur.)

zu schätzen sind. Der stroboskopische Stern kann auch auf einem hinter der Scheibe in 2÷3 m Abstand aufgestellten weißen Schirm vergrößert aufgefangen werden; er ist dann sogar noch besser sichtbar, als auf der Scheibe selbst.

Der verwendete Elektromotor wird mit Sondererregung betrieben; damit läßt sich eine gute Konstanz der Tourenzahl erreichen. Das Feld wird kräftig mit 12 Amp. erregt, während am Anker eine durch einen Abzweigwiderstand von 0÷18 Volt genau regulierbare Spannung liegt. In den Innenraum der Trommel wird ein kleiner, mit Millimeterpapier überspannter, quadratischer Kartonrahmen von 10 cm Seitenlänge senkrecht zur Scheibe derart fest aufgestellt, daß eine kräftig markierte, horizontal verlaufende Nullinie genau in die Verlängerung der Motorachse fällt; ein richtiger Schuß muß durch die Nullinie hindurchgehen; Abweichungen von der Nullinie lassen sich in weiter unten angegebener Weise zur Korrektion der Zeitmessung verwenden. In den Kartonzylinder wird der eigentliche Schußzylinder eingelegt, der aus einem kräftigen Papierstreifen von 120 cm Länge und 7 cm Breite gebildet wird; der zum Durchschießen dienende Rand des Papierstreifens überragt also den Kartonzylinder um 3,5 cm. Die Befestigung des Papierstreifens im Kartonzylinder geschieht durch von innen angedrückte Plastilinastreifen, so daß er leicht ausgewechselt werden kann. Bei der raschen Umdrehung der Trommel liegt der Papierstreifen straff und genau am Kartonzylinder an.

Das zu den Versuchen verwendete Gewehr, ein Tesching, ist ein deutscher Präzisionskarabiner (22 Short) von 6 mm Kaliber mit gezogenem Lauf und Mauserverschluß; als Munition dient die bekannte kleine Flobertpatrone mit Rundkugelgeschoß und sehr schwacher Ladung, die nur durch das Knallquecksilber des Zündhütchens ohne besondere Pulverfüllung gebildet wird. Der Knall ist dabei auch im Zimmer sehr schwach. Das Gewehr wird in zwei schweren, eisernen Stativen fest eingeklemmt, so daß die Schußrichtung parallel zur Scheibe durch die Nullinie des Korrektionsschirmes, also durch die Achse der Trommel hindurchgeht und die Mündung des Gewehres etwa 1 m von der Trommel entfernt ist; das Einvisieren geschieht nach Herausnahme des Mauserverschlusses unmittelbar durch den Lauf.

Dann wird der Motor durch Verschieben des Abzweigwiderstandes auf die richtige Tourenzahl gebracht und sobald der stroboskopische Stern ruhig steht, erfolgt der Schuß. Die Kugel schlägt durch den Papierstreifen der Meßtrommel, durch den Korrektionsschirm und schließlich in einen großen Klotz aus weichem Holz, der innerhalb einer mit Watte dick ausgepolsterten, starkwandigen Kiste steht; ein Zurückprallen der Kugel ist damit ausgeschlossen und der Versuch ist somit bei genügender Vorsicht vollkommen ungefährlich, so daß Bedenken, ihn im Unterricht vorzuführen, hinfällig sind.

Die Schußstellen ergeben auf dem Papierstreifen glatte, runde Löcher, die an den Rändern nur wenig eingerissen sind, so daß genaue Messungen möglich werden. Nun wird die Entfernung der Ausschußstelle von dem Punkt der Trommel gemessen, der der Einschußstelle genau diametral gegenüberliegt. Zur Demonstration dieser Entfernung ist die Scheibe noch mit zwei an den Enden zugespitzten Kartonzeigern versehen, die durch den zur Scheibenbefestigung auf der Motorachse dienenden Schraubenkopf gehalten werden (vergl. Fig. 1). Der eine Zeiger ist ein Scheibendurchmesser von 38 cm Länge; er wird mit dem einen Ende $E$ auf die Einschußstelle eingestellt; sein anderes Ende $A'$ zeigt dann auf den Ausschußpunkt, der bei ruhender Trommel auftreten würde. Der zweite Zeiger, der einen Halbmesser der Scheibe darstellt, wird mit seinem Ende $A$ auf die wirkliche Ausschußstelle, wie sie mit rotierender Trommel erhalten war, eingerichtet. Der Bogen $AA'$ gibt dann die Länge der Verschiebung, die der Zeitmessung zugrunde zu legen ist. Ist $l$ diese Länge in Zentimetern, $s$ der Trommeldurchmesser, $n$ die Tourenzahl in der Sekunde, so ist die Zeit, die das Geschoß zum Durchfliegen des Weges $s$ braucht:

$$t = \frac{l}{n \cdot \pi \cdot s} \text{ sec}$$

und demnach die Geschwindigkeit des Geschosses:

$$c = \frac{n \cdot \pi \cdot s^2}{l} \text{ cm sec}^{-1}.$$

So ergab sich:

$n = 12{,}5 \qquad s = 38{,}2 \text{ cm} \qquad t = \frac{l}{1500} \text{ sec} \qquad c = \frac{57\,300}{l} \text{ cm sec}^{-1}$

| $l$ cm | $c$ m sec$^{-1}$ |
|---|---|
| 3,05 | 188 |
| 3,00 | 191 |
| 3.20 | 179 |
| 3,10 | 185 |

Also im Mittel: $c = 186\ m \text{ sec}^{-1}$ und somit die Mündungsenergie $E_M = \frac{m v^2}{2g}$ zu etwa 1,76 mkg bei einem Geschoßgewicht von 1 g.

Besonders interessant gestalten sich die Versuche, wenn man das Geschoß zunächst ein dünnes Brett, eine Pappe, ein weiches Blech durchschlagen läßt und dann erst die Geschwindigkeit bestimmt. Dadurch erhält man den Energiebetrag, der zum Durchschlagen des Hindernisses aufgewendet worden ist. So ergab sich nach dem Durchschlagen eines Brettchens von 0,5 cm Dicke eine Geschwindigkeit $c = 128\ m \text{ sec}^{-1}$, also eine Energie von nur noch 0,84 mkg.

Geht die Schußrichtung nicht durch die Achse, sondern ein wenig seitlich vorbei, was bei den zuletzt erwähnten Versuchen oder bei nicht sehr sorgfältigem Einvisieren geschehen kann, so ändert sich die Länge des Geschoßweges nur unwesentlich, dagegen können beträchtliche Fehler bei der Zeitbestimmung auftreten. Sei $E$ der Einschuß, $A'$ der Ausschuß bei ruhender Trommel (Fig. 3), $EA'$ also der Geschoßweg, so gibt $MN = x_1$ auf dem bei $M$ aufgestellten Schirme die seitliche Verschiebung der Geschoßbahn gegenüber der Achse an. Dreht sich die Trommel im angegebenen Sinne, so erfolgt der Ausschuß nicht bei $A'$ sondern bei einem Punkte, der sich im Augenblicke des Einschusses bei $A$ befindet. $EA'$, der Geschoßweg, ist vom Durchmesser $EF$ nur wenig verschieden Der Zeitberechnung ist aber nicht der Bogen $F\widehat{A} = l$, sondern der Bogen $A'\widehat{A} = k + l$ zugrunde zu legen. Steht $EA'$ annähernd senkrecht zu $MN$ und ist $x_1$ klein, so ist angenähert $k = FA' = 2\,x_1$. Diese Korrektion ist bei den oben angegebenen Zahlen schon berücksichtigt. Eine Verbesserung erhält man noch, wenn man bei $G$ und $H$ gleichweit entfernt von $M$ zwei weitere Schirme aufstellt. Liegen die Nullpunkte $G$, $M$, $H$ in einer Geraden, was sich leicht erreichen läßt, wenn die drei Schirme auf einer gemeinsamen Holzleiste befestigt werden, und sind $J$, $N$, $K$ die Schußspuren, so erhält man die Korrektionsgrößen

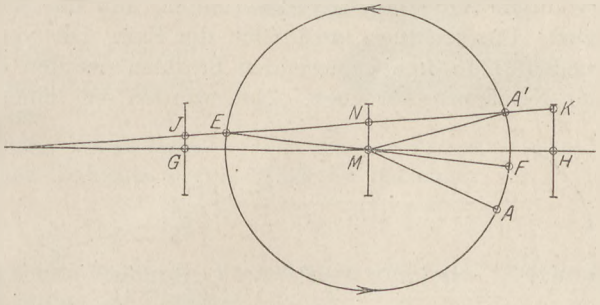


Fig. 3.

$x_2 = GJ$ und $x_3 = HK$. Da nun $2\,x_1 = x_2 + x_3$ so wird:

$$k = \frac{x_2 + 2\,x_1 + x_3}{2}$$

wobei das Vorzeichen von $k$ sinngemäß zu berücksichtigen ist.

Aus der Betrachtung der drei Größen $x_1$, $x_2$, $x_3$ ergab sich übrigens, daß eine

merkliche seitliche Ablenkung des Geschosses durch die Drehung der Trommel nicht eintrat.

Zum Vergleich seien schließlich noch die für das deutsche Infanteriegeschoß M 98/S gültigen Zahlen angegeben:

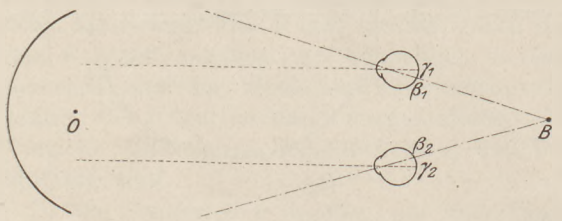
Geschwindigkeit: $c = 875$ m sec$^{-1}$. Gewicht: $S = 10$ g, Kaliber: $K = 8{,}1$ mm, Mündungsenergie: $E_M = 382{,}8$ mkg.

## Kleine Mitteilungen.

### Ein wenig bekanntes Spiegelbild.

Von **P. Terpstra** in Groningen.

Bei der Behandlung der Bildererzeugung durch Hohlspiegel wird gewöhnlich zuerst die Gleichung $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = 2/R$ abgeleitet; darauf mittelst dieser Gleichung untersucht, welche Bilder möglich sind und zuletzt werden die Resultate mit der Wahrnehmung verglichen. Dieser Methode ist es vielleicht zuzuschreiben, daß man nicht bemerkt hat, daß beim Hohlspiegel noch eine Anzahl Bilder wahrgenommen werden können, die nicht aus der Spiegelgleichung folgen. Soweit mir bekannt ist, ist das „Leerboek der Natuurkunde door Dr. E. Bouwman“ (Amsterdam) das einzige, worin die betreffenden Bilder nachgewiesen werden. Bei der Bildererzeugung durch Hohlspiegel wird da bemerkt: „Ist das Bild reell, so kann man außerdem noch ein virtuelles aufrechtes Bild wahrnehmen, wenn das Auge sich zwischen dem reellen Bild und dem Spiegel befindet.“ Verfährt man in der hier angegebenen Weise, so wird das betreffende virtuelle Bild ohne Mühe gefunden. Ein eigentümliches Spannungsgefühl im Auge läßt dabei vermuten, daß das Auge auf ungewohnte Weise gebraucht wird. Das ist auch tatsächlich der Fall. Die vom Spiegel herkommenden, nach dem reellen Bilde konvergierenden Strahlen werden durch das Auge zu einem Bilde auf der Netzhaut gebrochen. Nun werden bei einem emmetropischen akkommodationslosen Auge konvergente Strahlen vor der Netzhaut vereint, so daß das wahrgenommene Bild nicht vollkommen scharf sein kann. In den meisten Fällen bemerkt man aber nichts davon. Das (unscharfe) Bild auf der Netzhaut hat denselben Stand wie das reelle Spiegelbild, das als virtuelles Objekt für das Auge auftritt, so daß gewöhnlich ein aufrechtes Bild wahrgenommen wird. Im besondern Fall, daß das reelle Spiegelbild aufrecht steht, wird in der angedeuteten Weise ein umgekehrtes Bild gesehen.




Wenn das durch den Spiegel zurückgeworfene Bündel breit genug ist, um zu gleicher Zeit in beide Augen zu fallen, so sieht man ungekreuzte Doppelbilder. Die Erklärung davon steht in nahem Zusammenhang mit der jener bekannten Doppelbilder, die wahrgenommen werden, wenn man von zwei hintereinander gestellten Nadeln die zunächst stehende fixiert. Bekanntlich hängen die Akkommodation und die Konvergenz der Gesichtslinien nahe zusammen. Dadurch werden die Gesichtslinien sich, wenn konvergentes Licht in die Augen fällt, parallel stellen. Aus der Figur ist ersichtlich, daß die Netzhautbilder in diesem Falle auf die nasale Seite der Zentralgruben fallen. Die Netzhautbilder fallen also auf disparate Netzhautpunkte, so daß Doppelbilder wahrgenommen werden die ungekreuzt sind, weil beim nach außen Projizieren der Gesichtseindrücke die linke Wahrnehmung links und die rechte

rechts fällt. Dem entspricht folgende Beobachtung: Man nimmt die oben beschriebenen ungekreuzten Doppelbilder wahr; entfernt darauf schnell den Kopf von dem Spiegel bis in einige Entfernung an dem reellen Spiegelbild vorbei. Letzteres wird dann auch doppelt gesehen, aber jetzt sind die Bilder gekreuzt, da jetzt die Netzhautbilder beide auf der temporalen Seite der Zentralgruben liegen.

Die oben beschriebenen Bilder können natürlich auch wahrgenommen werden bei reellen Bildern, die durch Linsen entworfen werden.

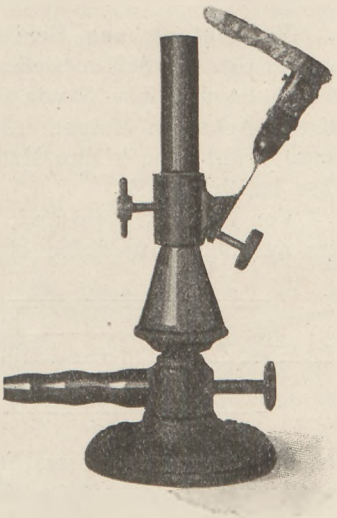
---

### Ein neuer Natriumbrenner.

Von Dr. **Nikolaus Lyon** in Freiburg i. Br.

Die bisher verwendeten Bunsenbrenner für monochromatisches Licht waren meist recht lichtschwach oder erforderten sorgfältige Wartung.

Durch passende Bindemittel können aus geeigneten Natriumverbindungen längere Stäbchen geformt werden, die in die nichtleuchtende Flamme eines Bunsenbrenners gebracht, eine sehr helle gleichmäßige Natriumbeleuchtung ergeben. Der Abbrand dieser etwa 5 cm langen Stäbchen ist nur gering, eine Erneuerung wird erst nach etwa 50 stündigem Gebrauch notwendig. Der aus der Figur ersichtliche kleine Stäbchenhalter kann auf jeden beliebigen Bunsenbrenner gesteckt werden und gestattet in bequemer regulierbarer Weise die Stäbchen in die Flamme zu bringen. Eine Erneuerung der Stäbchen erfolgt mit einem Griff ohne Unterbrechung des Betriebes.



Der Stäbchenhalter wird in 2 Größen hergestellt.
Größe I für Brenner bis zu 14 mm Durchmesser,
„ II „ „ „ „ 18 mm „

Halter und Natriumstäbchen sind vom technischen Assistenten des physikalischen Instituts Herrn Weiß zu beziehen.

---

### Richtung des Stromes in der Holtzschen Trichter-Ventilröhre und beim Übergang von Spitze zu Platte.

Von Prof. **E. Kleinen** in Darmstadt.

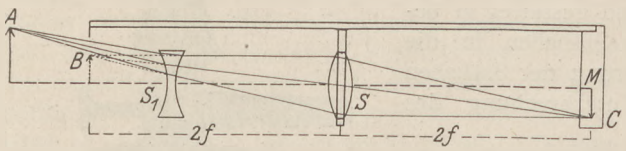
In Preisverzeichnissen für physikalische Apparate, in manchen Experimentierbüchern und Lehrbüchern findet man die Angabe: „Der Strom geht in einer Holtzschen Trichterröhre von der Basis der Trichter zur Spitze". In einer neuangeschafften Holtzschen Röhre ging aber der Strom von der Spitze zur Basis. Zwei Holtzsche Röhren aus anderen hiesigen Schulsammlungen lieferten das gleiche Ergebnis. Infolgedessen habe ich die diesbezügliche Literatur nachgesehen und folgendes festgestellt: In der zuerst bekanntgegebenen Trichterröhre ging der Strom von der Basis zur Spitze. Später machte POGGENDORFF darauf aufmerksam, daß bei einer in seinem Besitz befindlichen Röhre der Strom von der Spitze zur Basis ging. Im Jahre 1905 hat dann HOLTZ die Sache noch einmal aufgegriffen und (*Ann. d. Phys. 4. Folg., Bd. 18, S. 1057*) mitgeteilt: „Bei einer Verdünnung, die noch keine Schichtung erzeugt, gehen die Entladungen eher durch den Trichter, dessen Grundfläche nach der Anode sieht. Bei stärkerer Verdünnung ist es umgekehrt". Hieraus ergibt sich, daß die Gesetze für den Stromdurchgang durch Trichter gar nicht so einfach sind, wie oben angegeben wurde, sondern daß die Richtung von der Verdünnung in der Röhre abhängt.

Ähnlich ist es mit dem Übergang von Spitze zu Platte. Auch hier gilt nicht allgemein die einfache Regel, daß der Strom leichter von Spitze zu Platte geht als umgekehrt, wie gewöhnlich angegeben wird. Für gewöhnliche Dichte gilt wohl die Regel, aber bei anderer Dichte kann die Richtung auch umgekehrt sein. *A. Wehnelt* (*Ann. d. Phys. Bd. 301, 1898, S. 525*) gibt an: „Bei sehr niederem Druck geht der Strom leichter von Platte zur Spitze usw.“. „Bei mittlerem Druck geht der Strom leichter von Spitze zu Platte . . .“. Solche Regeln gelten eben immer nur in gewissen Grenzen, und ich meine, man sollte das auch im Unterricht betonen, damit falsche Vorstellungen verhindert und Enttäuschungen und Fehler vermieden werden, sonst werden solche zwar bequeme, aber ungenaue Regeln durch viele Generationen mitgeschleppt.

## Für die Praxis.

**Vorrichtung zur Bestimmung der Größe und des Ortes virtueller Bilder.** Von **Dr. Gg. Heußel** in Gießen. In der Mitte einer Stange von der Länge $4f$ (Figur) ist eine Sammellinse $S$ von der Brennweite $f$ (= 20—25 cm) so befestigt, daß ihre optische Achse in einigem Abstand der Stange parallel läuft. Das eine Ende der Stange trägt eine kleine Mattscheibe, auf der ihr Schnittpunkt $M$ mit der optischen Achse bezeichnet ist.

Von einem Gegenstand, der sich am andern Ende der Stange befindet, entsteht dann auf der Mattscheibe ein gleich großes reelles umgekehrtes Bild. Erzeugt nun eine Linse $S_1$ (oder ein Spiegel) von einem Gegenstand $A$ ein virtuelles Bild $B$, und stelle ich die beschriebene Vorrichtung so auf, daß von $B$ wiederum ein Bild $C$ auf der Mattscheibe entsteht, so gleicht dieses $B$ in der Größe, und das andere Ende der Stange gibt den Ort von $B$ an. $2f$ muß etwas größer sein als $BS_1$. Ist $A$ etwa eine kleine leuchtende Glühbirne unter Wasser, so zeigt das freie Ende der Stange den Ort des Punktes $B$ an, von dem die von $A$ ausgehenden Strahlen herzukommen scheinen. Ebenso läßt sich zeigen, daß durch eine planparallele Platte betrachtet ein Gegenstand verschoben erscheint und sein scheinbarer Ort sich bestimmen. Die Firma L. Schmittgall & Co. in Gießen liefert den Apparat als Zusatz zur optischen Bank.




**Versuch zur Wirkung des Telephons.** Von **Dr. O. Nothdurft** in Danzig. Ein Primaner brachte aus den Ferien einen recht anschaulichen Versuch zum Nachweis der Induktionsströme eines Telephons mit: Hält man die Enden der Leitungsschnur auf die Zunge, so verspürt man einen sehr heftigen elektrischen Schlag, wenn jemand mit der flachen Hand kräftig auf den Schallbecher des Hörers schlägt. Dieser Nachweis wäre bei der Empfindlichkeit der Zunge für elektrische Ströme nicht besonders auffällig gewesen. Daß er aber auch bei Berührung der Lippe noch eine sehr schmerzhafte Wirkung gab, ließ mich versuchen, die Litzenenden mit angefeuchteten Handhaben zu verbinden. Auch in diesem Falle erhielt ich kräftige Wirkungen, wenn der Schlag auf den Schallbecher kurz genug war und ein Hörer von etwa 200 $\Omega$ verwandt wurde. Pfeifen in einen solchen Hörer lieferte Ströme, die auf der Zunge gut wahrnehmbar waren. Für die Unterstufe ist der Versuch, dessen Entdecker ich nicht feststellen konnte, jedenfalls recht brauchbar.

# Berichte.

## *2. Forschungen und Ergebnisse.*

**Die Astrophysik in relativistischer Beleuchtung.** Von E. GEHRCKE. Die Einwände gegen die Relativitätstheorie waren bis etwa zum Jahre 1916 theoretischer Natur und richteten sich wesentlich auch gegen systematische, innere und äußere Widersprüche der Relativitätstheorie[1]). Im Laufe der Zeit hat Einstein, diesen Widersprüchen Rechnung tragend, die Theorie dauernd verändert, er nahm an den Grundlagen und an den Folgerungen so wesentliche Änderungen vor, daß die alte, ursprüngliche Relativitätstheorie nur noch schattenhaft zurückgeblieben ist. Er hat dies getan, ohne in seinen Abhandlungen den Zwang, unter dem stehend er seine Theorie ändern mußte, als solchen richtig zu kennzeichnen und objektiv aufzudecken, vielmehr hat er immer wieder etwas Neues einem staunenden Publikum vorgetragen. Er hatte dabei Gelegenheit, das wissenschaftliche Hauptübel unserer Zeit, die einseitige Spezialbildung, auszunutzen und, je nach dem Bedarf des Augenblicks, den Physikern mit philosophischen und mathematischen Gründen, den Mathematikern mit philosophischen und physikalischen Gründen, den Philosophen mit physikalischen und mathematischen Gründen ihre Zweifel zu beheben.

Neuerdings sind aber auch aus experimentellen Gründen Einwände gegen die Theorie geäußert worden. Die Relativitätstheorie konnte bisher das Fehlen einer direkten Bestätigung damit begründen, daß wegen der außerordentlichen Kleinheit der Effekte, die die Theorie erwarten ließ, keine Prüfung möglich sei, und es erschienen die experimentellen Meßverfahren zu grob und zu unvollkommen, um an die feinen Schlüsse der Theorie heranzureichen. So hatte Einstein behauptet, daß wegen des Gravitationsfeldes auf der Sonne und des dadurch angeblich erfolgenden, verzögerten zeitlichen Ablaufs aller Ereignisse auch die optischen Schwingungen des Sonnenlichts verlangsamt würden, so daß also eine Spektrallinie der Sonne eine geringe Verschiebung nach der roten Seite des Spektrums hin erleiden sollte. Diese kleine Rotverschiebung der Spektrallinien — von der Größenordnung 0,01 Ångström-Einheiten — ist zwar schwierig zu prüfen, aber die Schwierigkeit erscheint heute als überwindbar. So hat der amerikanische Spektroskopiker St. John[2]) an Stickstoffabsorptionslinien der Sonne genaue Wellenlängenbestimmungen ausgeführt; er findet in der Sonnenmitte für 43 Linien $\pm 0{,}000$ Å.-E. Verschiebung, am Rand der Sonne für 45 Linien $+ 0{,}0018$ Å.-E., während Einsteins Theorie $+ 0{,}01$ Å.-E. fordert. Ferner hat Evershed[1]) ebenfalls nach der Einstein-Verschiebung gesucht, ohne sie zu finden; der höchste von ihm gemessene Wert beträgt nur die Hälfte des geforderten Betrages. Endlich ist zu erwähnen, daß bereits früher Schwarzschild[2]) eine, leider nicht mehr vollendete Untersuchung der betreffenden Stickstoffbanden auf der Sonne ausgeführt hat, ebenfalls mit negativem Ergebnis für die Relativitätstheorie. Kürzlich haben Grebe und Bachem[3]) nochmals diese Messungen wiederholt und mit den Beobachtungen der andern Forscher verglichen; sie bestätigen im wesentlichen die früheren Ergebnisse und schließen, daß es nicht statthaft sei, für alle Linien eine mittlere Verschiebung zu berechnen, da die verschiedenen Linien unter sich verschiedene Unterschiede aufweisen, die aber kleiner sind als die von Einsteins Theorie geforderte Verschiebung.

Zusammenfassend läßt sich also sagen, daß sämtliche Beobachter unter sich insoweit einig gehen, als sie die gesuchte Rotverschiebung der Sonnenlinien nicht beobachtet haben. Diese Einigkeit der Forscher ist bemerkenswert, weil die hier nötigen Messungen dicht an der Fehlergrenze und zum Teil wohl innerhalb derselben liegen. Ferner muß auch berücksichtigt werden, daß reelle Effekte, wie besonders Doppler-Verschiebungen, auf die Messungsergebnisse von Einfluß sein können und daß deshalb die Übereinstimmung der voneinander unabhängigen Ergebnisse um so beachtenswerter ist. Was nun die Deutung der Beobachtungen anlangt, so sind hier zwei verschiedene Deutungen gegeben worden: die eine, der sich St. John und Evershed anschließen, ist kurz gesagt die, daß der Einstein-Effekt nicht existiert, da er nicht zur Beobachtung kam; die andere von Grebe und Bachem geht dahin, daß der Einstein-Effekt durch einen entgegenwirkenden, nach Violett gerichteten Verschiebungseffekt kompensiert wird; sie glauben den Grund dieser Violettverschiebung in Unsymmetrien der einzelnen Spektrallinien sehen zu sollen. Es ist aber unverständlich, wie sie aus den von ihnen angeblich beobachteten, äußerst geringen Violettverschie-

[1]) Vgl. z. B. die Zusammenstellung von E. Gehrcke, Die Naturwissenschaften, 1913, S. 62; 1919, S. 147; siehe ferner Annalen der Physik **51**, 119, 1916.

[2]) St. John, Astrophys. Journ. **46**, S. 249. Nature **100**, S. 433, 1918.

[1]) Evershed, Nature **102**, S. 153, 1918.

[2]) Schwarzschild, Berl. Ber. 1914, S. 1201.

[3]) L. Grebe und A. Bachem, Verh. Deutsch. Phys. Ges. **21**, 454, 1919.

bungen von 0,003 und 0,002 Å.-E. das Ausbleiben des etwa 4 mal größeren Einstein-Effekts bei den Linien ohne Verschiebung hinreichend erklären wollen, und ferner, wie sie das Ergebnis der besten, bisher vorliegenden Messungen, der oben erwähnten von John, deuten können.

Die zweite, experimentell prüfbare Folgerung der Relativitätstheorie betrifft die Ablenkung eines Lichtstrahls im Gravitationsfelde der Sonne: nach Einsteins Theorie soll ein bei der Sonne vorbeistreichender Lichtstrahl, z. B. das Licht eines neben der Sonne stehenden Fixsterns, von seiner geradlinigen Bahn abgelenkt werden, und zwar um den geringen Betrag von etwa 1,7 Sekunden. Auch dieser Betrag, der an der Grenze des Meßbaren liegt, sollte heute bei Anwendung von Sorgfalt und unter günstigen Umständen, bei totaler Sonnenfinsternis, der Beobachtung zugänglich sein. Nun hat es mit der Ablenkung eines Lichtstrahls, der nahe der Sonne vorbeistreicht, aber die Bewandnis, daß wegen der Atmosphäre der Sonne eine Art Fata morgana, eine Krümmung des Lichtstrahls erzeugt werden muß, auch wird diese Fata morgana von der Entfernung vom Sonnenmittelpunkt abhängig sein. Diese Verhältnisse sind für die Sonne z. B. von Pringsheim[1]) erörtert worden. Unter diesen Umständen ist es verwunderlich, wenn Einstein[2]) aus Messungsergebnissen einer zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis nach Brasilien geschickten, englischen Expedition, welche Ablenkungen von Fixsternorten um 0,9 bis 1,8 Sekunden in der Sonnenkorona beobachtet hat, eine Bestätigung seiner Relativitätstheorie glaubt folgern zu dürfen; man fragt sich, wie Einstein dazu kommt, die Strahlenbrechung in der Sonnenkorona zugunsten seiner aus so verschiedenartigen Gründen bedenklichen Relativitätstheorie außer acht zu lassen.

Endlich ist noch ein Irrtum Einsteins erwähnenswert, der, wie er meint, „nicht ohne ein gewisses objektives Interesse ist“. Einstein glaubte[1]) unregelmäßige Schwankungen in der Länge des Mondes von einer Periode von etwa 20 Jahren nicht durch periodische Schwankungen der Mondbewegung, sondern durch die unser Zeitmaß bildende Drehbewegung der Erde erklären zu können. Es hat dann aber der Astronom von Brunn[2]) dargelegt, daß Einstein die Annahme gemacht hat, die Länge des Mondes werde praktisch mit einer Uhr, die ideale Zeit anzeigt, bestimmt, während doch die Schwankungen der Mondlängen viel zu klein sind, um durch Sternzeit nachweisbar zu sein; „die Erklärung Hrn. Einsteins wird damit hinfällig“. Einstein hat hierzu eine Bemerkung veröffentlicht[3]), in der er die Kritik von Brunns als berechtigt anerkennt; es bleibt sonach nur soviel von der Sache übrig, daß, wenn die Astronomen die Mondlängen durch Uhren in Sternzeit messen würden, so wäre möglicherweise eine dann an der Mondlänge beobachtete Störung auf eine Störung der Gleichmäßigkeit der Erddrehung zurückzuführen.

[1]) E. Pringsheim, Physik der Sonne, 1910, S. 262.

[2]) Einstein, Die Naturwissenschaften, 1919, S. 776.

[1]) Einstein, Sitzungsberichte der Preuß. Akademie d. Wiss. 1919, S. 433.

[2]) von Brunn, ebenda S. 710.

[3]) Einstein, ebenda S. 711.

### *5. Technik und mechanische Praxis.*

**Die neueste Entwickelung der drahtlosen Telegraphie.** Ausgangspunkt und Ursache der ganzen Entwickelung bildete die Erfindung der Kathodenstrahlenröhre. Prinzip und Wirkungsweise dieser im Jahre 1906 durch R. v. Lieben zum Patent angemeldeten Röhre ist bereits auf S. 27 ff. dieser Zeitschrift kurz erläutert worden. Diese Liebenröhre in ihrer ursprünglichen Form zeigte jedoch noch manche Unvollkommenheiten, insbesondere machte sich eine große Inkonstanz bei längeren Arbeiten und starke Abhängigkeit von der Außentemperatur bemerkbar, wodurch ein ständiges sehr störendes Nachregulieren des Heizstromes erforderlich wurde. Diese Unbequemlichkeiten verschwanden, als man nach dem Beispiele Langmuirs dazu überging, an Stelle der bisher benutzten Röhren mit verhältnismäßig niedrigem Vakuum solche mit dem höchst erreichbaren Vakuum herzustellen und zu verwenden. In physikalischer Beziehung unterscheiden sich diese modernen Röhren von den älteren dadurch, daß in ihnen reine Elektronenleitung stattfindet, da die Röhre fast keine Gasreste mehr enthält. Langmuir bezeichnet seine Röhre als Pliotron.

Weiterhin war das Bestreben der Technik darauf gerichtet, die Röhrendimensionen immer mehr zu verkleinern. Abgesehen von der dadurch bedingten handlicheren Form der Röhren, konnte man zu immer geringeren Betriebsspannungen, sowohl für die Heizbatterie, wie für die Anodenbatterien übergehen. Als besonders vorteilhaft ergab sich schließlich eine Form der Röhren, bei der im Innern eines kleinen Glasgefäßes ein geradlinig ausgespannter Glühdraht von einem koaxial gelegenen das Gitter bildenden Draht-

netz umgeben ist, das seinerseits von der Anode in Form eines zylindrischen Blechs umschlossen wird. Eine nach diesen Prinzipien gebaute Verstärkerröhre zeigt Figur 1. Die Volumenverkleinerung gegenüber den alten Liebenröhren erscheint sehr beträchtlich, wenn man sich vergegenwärtigt, daß die Fig. 1 auf S. 27 eine schematische Zeichnung der Liebenröhre in etwa $^1/_4$—$^1/_3$ natürlicher Größe darstellt.

Zuerst fanden diese Röhren als Verstärker von Telephonströmen Anwendung und führten zu einer beträchtlichen Vergrößerung der Reichweite telephonischer Nachrichtenübermittelung. Ihre Verwendung in der drahtlosen Telegraphie zur Verstärkung der schwachen vom Detektor gelieferten Telephonströme lag nahe. Aber bald stellte sich eine unerwartet vielseitige Verwendbarkeit dieses neuen Hilfsmittels heraus, so daß heute die Kathodenstrahlenröhren auf fast allen Teilgebieten der funkentelegraphischen Technik eine beherrschende Rolle spielen und ältere Einrichtungen überall verdrängen.

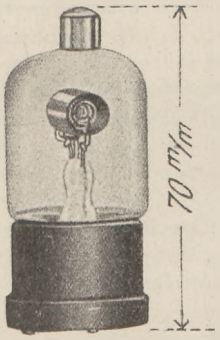


Fig. 1.

a) Niederfrequenzverstärkung. Die Wirkungsweise der Kathodenstrahlenröhren als Verstärker beruht, wie bereits auf S. 27 ff. dieses Jahrgangs der Zeitschrift gezeigt wurde, auf folgendem Prinzip. Die ankommenden Telephon- oder Detektorströme von geringer Stärke werden transformatorisch an Gitter und Kathode der Röhre gelegt und bringen infolgedessen Spannungsschwankungen am Gitter hervor, der dadurch verursachte Strom zwischen Kathode und Gitter ist sehr klein, infolgedessen ist der Energieverbrauch minimal. Die für die eigentliche Signalgebung erforderliche Energie wird einer besonderen Lokalbatterie, der Anodenbatterie entnommen. Der von dieser Batterie gelieferte Strom durchfließt die Röhre in der Form von Kathodenstrahlen; die Intensität dieses Lokalstromes wird durch die Spannungsschwankungen am Gitter beeinflusst, und zwar steuern die Spannungsschwankungen am Gitter den Lokalstrom derart, daß Stromschwankungen von genau dem gleichen Rhythmus, aber, wie sich aus der Charakteristik gemäß Fig. 4, S. 28 dieser Zeitschrift ergibt, von bedeutend verstärkter Amplitude entstehen. Die Röhre wirkt also als Relais. Man kann sich die Wirkungsweise vorteilhaft an einem mechanischen Modell veranschaulichen. In Figur 2 sei $R$ ein Rohr von quadratischem Querschnitt, durch das eine Pumpe von unten nach oben einen Luft- oder Flüssigkeitsstrom preßt. Die Pumpe vertritt dann die Anodenbatterie, der Luft- oder Flüssigkeitsstrom den Anodenstromkreis. Die Funktion des Gitters vertritt eine im Innern des Rohrs angebrachte Scheidewand $G$ (teilweise punktiert) mit zentraler Öffnung $O_1$, vor der sich ein Schieber $S$ mit einer gleichen Öffnung $O_2$ bewegen kann. Durch Hin- und Herbewegen des Schieber $S$ kann man die Strömung im Rohr $R$ mehr oder weniger drosseln, die Strömung wird also im Rhythmus der Schieberbewegungen gesteuert, und da man sich diese Schieberbewegung theoretisch als fast reibungslos vorstellen kann, ist man im Stande mit dieser Anordnung mit Hilfe sehr kleiner Energien eine große Energie zu steuern.

Wie man aus der Charakteristik Fig. 4 auf S. 28 sieht, muß man, wenn den Spannungsschwankungen am Gitter nach oben und unten auch in beiden Richtungen gleiche Stromschwankungen entsprechen sollen, dem Gitter von vornherein eine derartige Spannung mitteilen, daß man sich im Ruhezustande im mittleren Teile der Charakteristik befindet. Diese sogenannte Vorspannung des Gitters erzeugt man durch Einschalten einer kleinen Batterie an Stelle des Gitterkondensators (Fig. 3, S. 28). Der Gitterkondensator selbst, sowie der Parallelwiderstand fallen fort.

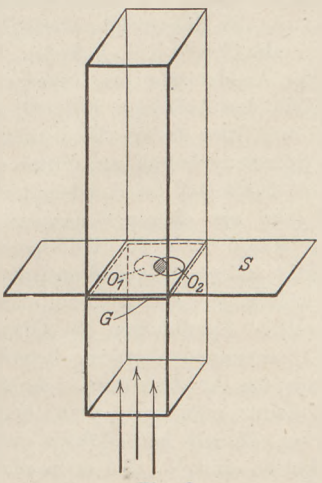


Fig. 2.

b) Hochfrequenzverstärkung. Die Überlegenheit des Kathodenstrahlenrelais gegenüber allen andern Wechselstromrelais mit schwingenden Membranen u. dgl. beruht darauf, daß die zu verstärkenden Wechselströme eben nicht auf solche schwingenden ponderablen Massen, sondern auf Elektromen einwirken, die infolge ihrer Masselosigkeit frei von Trägheit sind. Infolgedessen können diese Relais nicht nur den Wechselströmen von Tonfrequenz, sondern

auch den außerordentlich viel schneller erfolgenden Wechseln der Hochfrequenz exakt folgen. So konnte man dazu übergehen, die Verstärkerröhre nicht erst hinter dem Detektor einzuschalten, sondern die hochfrequenten Schwingungen direkt zu verstärken. Man konnte allerdings auch schon mit Hilfe der Niederfrequenzverstärkung, dadurch, daß man den Verstärkungsvorgang wiederholt anwandte, also an Stelle des Telephons $T$ die Primärspule eines neuen Transformators in Verbindung mit einer 2. Röhre einschaltete usf. erhebliche Verstärkungen erzielen. Aber der beliebig häufigen Wiederholung dieser Verstärkung stellten sich doch Schwierigkeiten durch schließlich eintretende Verzerrung und vor allen Dingen durch die Mitverstärkung aller Störungen und Nebengeräusche entgegen, so daß man über eine viermalige Wiederholung des Verfahrens wohl nicht hinausgehen kann. Ein derartiger Vierröhren-Niederfrequenzverstärker ergibt eine 1500fache Verstärkung. Durch Anwendung kombinierter Hoch- und Niederfrequenzverstärkung ist es dann gelungen bis zu einer 10000fachen Verstärkung zu gelangen.

c) Die Kathodenstrahlenröhre als Detektor. Für die Verwendung der Kathodenstrahlenröhre als Detektor gibt es zwei Möglichkeiten. Die erste besteht darin, daß man das mittlere Gitterpotential so wählt, daß man sich nicht, wie eben für den Verstärker gezeigt wurde, im Mittelpunkt der Röhrencharakteristik, sondern am unteren oder oberen Knie befindet. Im ersten Falle ist der Anodenstrom im Ruhezustande annähernd Null, das Auftreten stärkerer negativer Potentiale am Gitter ändert daran nichts, jedem positiven Spannungsimpuls am Gitter entspricht dagegen ein Stromstoß im Anodenstromkreis.

Will man am oberen Kurvenknie arbeiten, so wählt man die Hilfsspannung am Gitter positiv und so hoch, daß im Ruhezustande der Anodenstrom sein Maximum hat, dann ändern höhere positive Spannungen am Gitter nichts, negative Spannungen dagegen bewirken eine Schwächung des Anodenstroms. (Analoge Verhältnisse kann man mit dem betrachteten mechanischen Modell herbeiführen, wenn man den Schieber so einstellt, daß er in seiner Ruhelage das Loch $O_1$ entweder vollständig schließt oder ganz frei gibt. Man erkennt, daß im ersten Falle bei jeder periodischen Schieberbewegung ein Anwachsen, im zweiten Fall eine Schwächung des Luftstromes eintritt, analog der Verstärkung bzw. Schwächung des Anodenstroms in der Kathodenröhre). Röhren in dieser Schaltung bezeichnet man neuerdings als Richtverstärker.

Die andere gebräuchliche Schaltung einer Kathodenröhre als Detektor (Audionschaltung) zeigt die Fig. 3, S. 28 dieses Jahrg. d. Zeitschr.

Die Wirkungsweise sämtlicher Verstärker und Detektorschaltungen kann wesentlich verbessert werden, wenn man sich dabei eines Kunstgriffes bedient, der darin besteht, daß man einen Teil der Anodenstromenergie auf das Gitter zurückwirken läßt, indem man den Anodenstrom mit dem Gitterkreis durch eine sogenannte Rückkoppelungsspule (vgl. Fig. 3, S. 28) koppelt. Die verstärkten Schwingungen des Anodenkreises addieren sich dann in ihrer Wirkung teilweise zu denen des Gitterkreises und die Folge der so verstärkten Spannungsschwankungen am Gitter ist das Auftreten erheblich stärkerer Schwankungen des Anodenstromes. Durch Verwendung dieser Rückkoppelungsschaltungen läßt sich der Empfangskreis praktisch fast dämpfungslos gestalten, wodurch eine ganz wesentlich günstigere Ausnutzung der Sendeenergie im Empfangskreise herbeigeführt wird, als das mit anderen Empfangseinrichtungen möglich ist.

Nimmt man die Rückkoppelung zu eng, so tritt Selbsterregung ein, die günstigste Koppelung für den Empfang liegt unmittelbar unter dieser „kritischen Koppelung".

d) Die Kathodenstrahlenröhre als Schwingungserzeuger. Wählt man dagegen

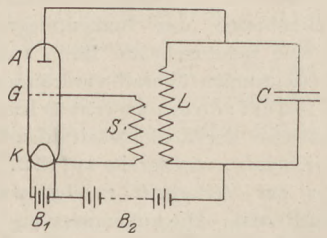


Fig. 3.

die Koppelung so eng, daß Selbsterregung der Röhren eintritt, so gelangt man zu einer ganz neuen Verwendungsart der Röhre, dem Röhrengenerator. Eine für diesen Zweck gebräuchliche Schaltung zeigt Fig. 3. Im Anodenkreis der Röhre liegt ein in sich geschlossener Schwingungskreis bestehend aus Kapazität $C$ und Selbstinduktion $L$, diese Selbstinduktion ist mit der Gitterspule $S$ gekoppelt (Rückkoppelung). Wird nun der geschlossene Schwingungskreis irgendwie angestoßen, was z. B. schon durch das einfache Schließen des Anodenstromkreises geschieht, so gerät er in freie Schwingungen, die, falls der Schwingungskreis sich selbst überlassen wäre, nach kurzer Zeit infolge der Eigendämpfung des Kreises zur Ruhe kommen würden. Infolge der Rückkoppelung beeinflussen diese Schwingungen jedoch den Gitterkreis und rufen dadurch verstärkte Schwankungen des Anodenstromes hervor, die ihrerseits zu neuen verstärkten Schwingungen im Schwingungskreise Anlaß geben. Diese be-

einflussen wieder das Gitter usw. Nach kurzer Zeit bildet sich eine Art Gleichgewichtszustand aus und im Schwingungskreise entstehen kontinuierliche, ungedämpfte Schwingungen, und zwar von einer Konstanz hinsichtlich Amplitude und Schwingungszahl, wie sie mit anderen Hilfsmitteln nicht zu erzielen ist. (Auch die Arbeitsweise der Kathodenstrahlenröhre als Generator läßt sich an der Hand des mechanischen Modells veranschaulichen. Die oberhalb des Ventils im Rohr befindliche Luftsäule besitzt eine bestimmte Eigenschwingung. Bei einem plötzlichen Öffnen oder Schließen des Ventils wird diese angeregt und klingt schnell ab. Nun stelle man sich eine Vorrichtung vor, wodurch diese Schwingungsenergie teilweise dazu benutzt wird, das Schieberventil im Rhythmus der Eigenschwingung zu bewegen. Erfolgt diese Bewegung in richtiger Phase, so wirkt das Rohr als Pfeife, und zwar ähnlich wie eine Zungenpfeife). Auch bei dem Röhrengenerator zwischen Anoden- und Gitterspannung eine solche Phasenbeziehung bestehen, daß die durch die Gitterwirkung neu gelieferte Energie sich zu der schon im Schwingungskreis vorhandenen addiert. Das ist der Fall, wenn die Wechselspannung zwischen Gitter und Kathode um 180° gegen diejenige zwischen Anode und Kathode verschoben ist. Darauf muß bei der Schaltung Rücksicht genommen werden.

e) Überlagerungsempfang. Von dieser Art der Schwingungserzeugung mit Röhrengeneratoren macht man nun Gebrauch beim Empfang ungedämpfter Wellen, die ja mit dem Röhrendetektor ebensowenig wie mit den anderen gebräulichlichen Detektoren aufnehmbar sind. Man erzeugt auf der Empfangsstation ungedämpfte Schwingungen, deren Schwingungszahl ein wenig von derjenigen der zu empfangenden Sendewelle verschieden ist. Diese Schwingungen werden auf die Empfangsantenne übertragen und gelangen mit den dort durch die Sendewelle erregten Empfangsschwingungen zur Interferenz, infolgedessen entstehen Schwebungen. Man wählt nun die Differenz zwischen Sendewelle und überlagerter Zusatzwelle so, daß die entstehenden Schwebungen die Frequenz musikalischer Töne haben, die man dann mit Hilfe von Detektor und Telephon ohne weiteres abhören kann.

Man kann dabei die Schaltung so einrichten, daß die gleiche Kathoderöhre sowohl als Generator für die Überlegungsschwingungen wie als Detektor dient und, da bei entsprechender Schaltung ein Röhrendetektor auch gleichzeitig als Verstärker wirkt, übt die Kathodenröhre in diesem Falle drei Funktionen gleichzeitig aus.

Dieser sogenannte Überlagerungs- oder Heterodynempfang, der in der jetzt erreichten Vollkommenheit erst durch die große Konstanz der Röhrengeneratoren ermöglicht wurde [1]), ist dem Ticker- oder Schleiferempfang in mehrfacher Beziehung bedeutend überlegen. Abgesehen von dem bedeutend höheren Wirkungsgrad, erhält man durch den Heterodynempfang einen reinen musikalischen Ton, dessen Höhe der Telegraphist am Empfangsapparat beliebig einstellen kann, um dadurch einen für sein Ohr besonders geeigneten Ton auszuwählen. Ein solcher musikalischer Ton ist im Gegensatz zu dem kratzenden Tickergeräusch ohne weiteres von atmosphärischen Störungen zu unterscheiden. Schließlich gibt diese Empfangsmethode eine ganz neue Möglichkeit an die Hand fremde Störer vom Empfang auszuschließen. Selbst, wenn die Welle des störenden Senders der zu empfangenden Welle benachbart ist und ihre Schwingungen daher die Empfangsantenne erregen, läßt sich in sehr vielen Fällen eine Überlagerungswelle finden, die zwar durch Interferenz mit der zu empfangenden Welle einen gut hörbaren Ton ergibt, mit der Störwelle dagegen nicht. Bei weniger günstigen Fällen sind die beiden sich dann ergebenden Interferenztöne derart voneinander verschieden, daß ein geübtes Ohr die verschiedenen Zeichen auseinander halten kann.

f) Der Röhrensender. Eine Schwierigkeit bringt der Überlagerungsempfang insofern mit sich, daß er eine sehr große Konstanz der Senderwellenlänge erfordert. Geringe Schwankungen dieser Frequenz ergeben schon starke Änderungen der Interferenztonhöhe und bringen bei größerer Abweichung den Ton ganz zum Verschwinden. Diese Schwierigkeit wird aber vollkommen überwunden, wenn man auch zum Senden Kathodenröhren in der Schaltung nach Fig. 3 benützt, sich also eines Röhrensenders bedient, der eine bisher unerreichte Konstanz der Frequenz verbürgt.

Wesentliche Verschiedenheiten zwischen den Empfangs- und Senderöhren bestehen natürlich hinsichtlich der in Betracht kommenden Energien. Genügten bei den Empfangsröhren schließlich Batterien von 4 Volt Spannung für die Heizbatterien und solche von 35 Volt Spannung für die Anodenbatterien, so sind bei den Senderöhren schon infolge der größeren Dimensionen stärkere Heizbatterien erforderlich, während man für den Anodenstromkreis zur Erzielung großer Sendeenergien bis zu Spannungen von über 3000 Volt gegangen ist.

Die Verwendung von Akkumulatorenbatterien für derartige hohe Spannungen würde natür-

[1]) Über ältere Methoden der Heterodynempfangs und die Entwickelung des Verfahrens: Jahrb. d. drahtl. Telegraphie. 1917. Bd. 11. S. 480—511.

lich große Schwierigkeiten haben, und man ist daher für Röhren von einer Leistung von 75 Watt aufwärts dazu übergegangen, an Stelle des durch Batterien erzeugten Gleichstroms transformierten und dann gleichgerichteten Wechselstrom zu benutzen, für welchen Zweck besondere Hochspannungsgleichrichter konstruiert worden sind.

Die Schwingungsleistung, die mit einer Senderöhre erzeugt werden kann, ist allerdings verhältnismäßig klein gegenüber den Leistungen anderer Hochfrequenzgeneratoren, insbesondere der Hochfrequenzmaschinen. Eine Röhre der größten bis jetzt gebräuchlichen Type ist imstande etwa 1,5 Kilowatt Schwingungsenergie zu liefern. Die außerordentliche Konstanz der Röhren hat es jedoch ermöglicht mehrere Röhren in Parallelschaltung zu benutzen, auf welche Weise man zu Sendeenergien von 10 Kilowatt und darüber gelangt.

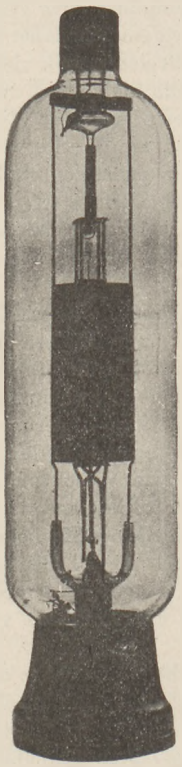


Fig. 4.

Fig. 4 zeigt eine Senderöhre der Ges. f. drahtl. Telegraphie für 500 Watt Schwingungsleistung. Die größte bisher von dieser Gesellschaft hergestellte, aber praktisch noch nicht benutzte Röhre erzielt 5 Kilowatt Schwingungsleistung.

Von den Vorzügen, die der Röhrensender gegenüber den sonst gebräuchlichen Sendern besitzt, wurde bereits die sonst unerreichbare Konstanz der Schwingungen hinsichtlich Frequenz und Amplitude erwähnt. Diese Konstanz der Wellenlänge hat zur Folge, daß man bei gegebener Antenne zur Überbrückung einer bestimmten Entfernung, eine bedeutend geringere Primärenergie aufzuwenden braucht als mit irgend einem anderen Sender, da man mit viel schärferer Abstimmung und dämpfungslosen und daher sehr abstimmungsempfindlichen Empfängern arbeiten kann. Als Beispiel sei nur angeführt, daß man mit einer kleinen Sendestation mit 50 m hoher Antenne, bei Aufwand einer Schwingungsleistung von 10 Watt eine Reichweite von 500 km erzielt. Ein weiterer Vorzug der Röhrensender besteht darin, daß man mit ein und demselben Sender einen nach oben sowohl, wie nach unten fast unbegrenzten Wellenbereich auszusenden vermag, und zwar für fast alle Wellenlängen mit annähernd dem gleichen guten Wirkungsgrad. Die Einstellung auf verschiedene Wellen ist sehr einfach, da prinzipiell weiter nichts erforderlich ist, als den in Fig. 3 dargestellten geschlossenen Schwingungskreis durch geeignete Wahl von Kapazität $C$ und Selbstinduktion $L$ auf die gewünschte Frequenz einzustellen.

Nimmt man zu dem, was die Kathodenröhre als Sender leistet, das hinzu, was oben bereits über ihre Verwendung beim Empfang gesagt wurde, die enorme Vergrößerung der Reichweite infolge Anwendung der Hoch- und Niederfrequenzverstärkung, die überlegene Wirkung als Detektor und schließlich den Überlagerungsempfang in Verbindung mit dem Röhrensender und die dadurch gewonnene Möglichkeit eines störungsfreien Verkehrs vieler dichtgesäter und gleichzeitig arbeitender Stationen selbst auf unmittelbar benachbarten Wellenlängen, so gewinnt man ein Bild davon, was die Kathodenstrahlenröhre besonders in ihrer Anwendung auf ungedämpfte Schwingungen für die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie bedeutet.

Doch dieses Bild ist, ganz abgesehen davon, daß diese Entwicklung hier nur in groben Umrissen gezeichnet werden konnte, durchaus noch nicht vollständig.

g) Besonders interessante und überraschende Ergebnisse hat die Anwendung dieser Röhren in Verbindung mit den sogenannten Rahmenantennen gezeitigt. Der Gedanke, an Stelle der langgestreckten offenen Empfangsantennen geschlossenen Flachspulen zu benutzen ist nicht neu, hatte aber bei früheren Versuchen, selbst bei Verwendung von Spulen größten Flächeninhalts, nicht zu besonders ermutigenden Ergebnissen geführt[1]). Jetzt bei Anwendung von Hoch- und Niederfrequenzverstärkung genügen Spulen von 1 qm Fläche, die noch dazu in geschlossenen Räumen untergebracht sein können, um z. B. in Berlin die Telegramme fast sämtlicher europäischer Großstationen wie: Gibraltar, Moskau, Petersburg usw., vollkommen sicher aufzunehmen. Eine solche Spule besteht aus einem einfachen, viereckigen, leichten Holzrahmen von 1 m Seitenlänge, auf dem einige wenige Drahtwindungen gewickelt sind, die zusammen mit einem veränderlichen Kondensator einen abstimmbaren Schwingungskreis bilden. Eine Spule von etwa 10 qm Fläche genügt, um in Berlin die Telegramme der amerikanischen Großstation Sayville aufzunehmen. Auch diese Spule findet noch an der Wand eines normal großen Zimmers Platz.

[1]) Näheres darüber bei F. Braun, Jahrb. d. drahtl. Telegraphie. 1914. Bd. 8. S. 1–34.

Da sich solche Antennen gegenseitig nicht stören, kann man eine große Anzahl in demselben Raume unterbringen und so die Telegramme der verschiedensten Sendestationen in einer gemeinsamen Zentrale aufnehmen. Falls sich die an diese Rahmenantennen geknüpften Erwartungen erfüllen, leuchtet die große Bedeutung, die diese kleinen und im Vergleich zu den großen Empfangsantennen, außerordentlich billigen Empfangsstationen, besonders für den Nachrichtendienst der Presse gewinnen können, wohl ohne weiteres ein.

Dabei haben diese geschlossenen Rahmenantennen den offenen Antennen gegenüber noch mancherlei Vorteile. Infolge ihrer Bauart und Aufstellung sind sie in weit höherem Maße als diese gegen atmosphärische Störungen geschützt. Ein weiterer Vorzug ist in ihrer Richtwirkung begründet. Der Betrag der aufgenommenen Energie ist nämlich abhängig von der Stellung der Rahmenebene. Maximale Energieaufnahme ist dann vorhanden, wenn die Rahmenebene in der Richtung zur sendenden Station liegt, während bei einer dazu senkrechten Stellung die Energieaufnahme Null wird. Das gibt zunächst eine neue Möglichkeit der Störbefreiung, indem man beim Eintreffen störender Wellen die Rahmenantenne solange verdreht, bis diese Störwellen nicht mehr aufgenommen werden.

Ferner ist man in der Lage mit einer solchen drehbaren und mit einem Teilkreise versehenen Rahmenantenne die Richtung festzustellen in der eine unbekannte gebende Station liegt. Nimmt man derartige Richtungsmessungen (Peilungen) mit Hilfe zweier, an verschiedenen Punkten aufgestellten „Richtantennen“ vor, so erhält man als Schnittpunkt der durch die Peilungen ermittelten Richtungen die genaue Lage des unbekannten Senders. Von dieser Methode ist (z. T. auch mit nach anderen Gesichtspunkten gebauten Richtantennen[1]) im Kriege vielfach Gebrauch gemacht worden, um Lage und Bewegung feindlicher Stationen festzustellen, woraus dann weitere Schlüsse über Truppenverschiebungen usw. gewonnen werden konnten.

Mit Richtempfängern ausgestattete Küstenstationen sind in der Lage, jederzeit den augenblicklichen Standort und den Kurs eigener oder feindlicher auf See befindlicher Schiffe, die ja stets drahtlosen Verkehr unterhalten, festzustellen. Umgekehrt kann man durch ein solches Peilverfahren die unbekannte Lage einer Richtempfangsstation feststellen, wenn zwei ortsfeste Sendestationen, deren Lage natürlich bekannt sein muß, angepeilt werden, eine Methode, die für den Luft- und Seeschiffverkehr von großem Nutzen sein kann und es zum Teil im Kriege zur Orientierung von Luftschiffen bereits gewesen ist.

h) Sonstige Fortschritte. Die Industrie war in den letzten Jahren natürlich durch die Arbeit an den besonders für Heereszwecke bestimmten Spezialstationen und Apparaten in Anspruch genommen. Eine unübersehbare Fülle neuer Typen ist entstanden, von den kleinsten Schützengrabenstationen, die sich im Tornister unterbringen lassen, aufwärts bis zu den großen Land- und Schiffsstationen, fahrbaren Stationen für Pferdegespanne und Automobile, Stationen für Tragtierkolonnen, für Luftschiffe und Flugmaschinen, für U-Boote und Schiffe aller Art. Diese Stationen sind fast durchweg nach dem System der tönenden Funken gebaut, erst sehr spät ging man dazu über für diese Zwecke Röhrensender zu benützen.

Vervollkommnet wurden die Hochfrequenzmaschinen, die ja nach wie vor für die höchsten Sendeenergien die Hauptrolle spielen. Mit beiden Hauptsystemen, den Goldschmidt-Maschinen (Eilese) sowohl wie mit den nach dem Prinzip der statischen Frequenzverdoppelung arbeitenden Maschinen (Nauen) ist ein durchaus sicherer Betrieb erreicht. Dabei ist man bis 800 Kw Sendeenergie gelangt.

Während noch im Jahre 1908 die größte Reichweite unserer Großstationen kaum 4000 km betrug, ist man jetzt mit den modernsten Großstationen, unter Verwendung von Hochfrequenzmaschinen bis zu einer Reichweite von 20000 km gelangt. Das ist die Länge des halben Erdumfangs, so daß man nunmehr imstande ist, alle irdischen Entfernungen drahtlos zu überbrücken. Ferner ist man dazu übergegangen, im drahtlosen Verkehr auch den Duplexbetrieb einzuführen, d. h. gleichzeitiges Senden und Empfangen einer Station. Dazu sind zwei Antennen erforderlich, die in einem Abstande von 30—100 km aufgestellt werden, dabei werden noch besondere Maßnahmen getroffen, um die Einwirkung des eigenen Senders auf die Empfangsantenne aufzuheben.

Eine bessere Ausnutzung der Stationen suchte man ferner dadurch zu erreichen, daß man statt des Sendens von Hand und mit der Taste Maschinensenden mit Hilfe gelochter Papierstreifen einführte. Die Telegraphiergeschwindigkeit ist dann viel zu hoch, um die Zeichen noch direkt abhören zu können. Der Empfang erfolgt daher mit Hilfe eines Parlographen. Durch entsprechend langsames Abrollenlassen der mit den Tele-

[1]) Näheres über Richtempfangsstationen anderer Bauart findet sich u. a. im Jahrb. d. drahtl. Telegraphie. 1908. Bd. 1. S. 589—608, 1909. Bd. 2. S. 381—396, S. 511—525 u. S. 608—624 u. 1917. Bd. 11. S. 281—288.

graphenzeichen versehenen Walze können die Zeichen nachher in Ruhe entziffert werden.

Bezüglich näherer Angaben über die gesamte Entwicklung der drahtlosen Technik muß insbesondere auf die letzten Jahrgänge des Jahrbuchs für drahtlose Telegraphie verwiesen werden. Besonders bringen die jetzt erscheinenden Hefte zusammenfassende Darstellungen über die Fortschritte auf verschiedenen Gebieten. Ebenso findet man dort in zahlreichen Aufsätzen näheres über die Theorie und Technik der Kathodenstrahlenröhre und schließlich vortreffliche zusammenfassende Übersichten über die sehr umfangreiche und viel Material enthaltende in- und ausländische Patentliteratur.

*Dr. Gehne, Berlin-Steglitz.*

## Neu erschienene Bücher und Schriften.

**Einführung in die Mechanik deformierbarer Körper**, zum Gebrauch bei Vorträgen, sowie zum Selbstunterricht, von Dr. Max Planck, Professor der theoretischen Physik an der Universität Berlin. Mit 12 Figuren. Leipzig, S. Hirzel, 1919. M. 9,50, geb. M. 11,50.

M. Planck läßt jetzt seine Vorlesungen über theoretische Physik im Buchhandel erscheinen. Der vorliegende Band ist der zweite und bildet die Fortsetzung des ersten Bandes, der „Einführung in die allgemeine Mechanik“ benannt ist. Gedanken, die dort ausführlich behandelt sind, werden hier nicht noch einmal erörtert, und auch auf die Gleichungen des ersten Bandes wird Bezug genommen. Unter Deformationen der Körper versteht M. Planck nicht nur die elastischen Vorgänge, sondern auch Strömung und Wirbelbewegung in Flüssigkeiten. Sein Hauptbestreben ist, in dem Buch zu zeigen, daß die Lehre von diesen Vorgängen eine durch innere Notwendigkeit bedingte Fortentwickelung der allgemeinen Mechanik ist. Diese Zielsetzung schließt in sich, daß es sich in dem Werke um die Aufstellung und Besprechung der allgemeinsten Gleichungen handelt. Es ist eine künstlerische Freude, die genaue mathematische Fassung physikalischer Begriffe und die scharfe Unterscheidung der verschiedenen Differentiationszeichen in dem Buche zu sehen. Auch die Auslegung der Gleichungen nach ihrem wirklichen Inhalt, worauf der Verfasser besonderen Wert gelegt hat, ist meisterhaft. Und doch dürfte das Buch schwer zu lesen sein für einen, der nicht nach anderen Büchern den Stoff bereits kennt. Das liegt erstens daran, daß neben dem Wege von der allgemeinsten Gleichung zum besonderen Einzelfall nicht auch der Weg von unten herauf eingeschlagen ist. Zweitens sind auch die behandelten Einzelfälle vielfach so stark von der Wirklichkeit entfernt — Stäbe und Saiten z. B. sind und bleiben „eindimensionale Körper“ —, daß man den Boden der Wirklichkeit zu verlieren Gefahr läuft. Dies gilt besonders von den Gebieten, wie z. B. den Flüssigkeitsbewegungen, die in den üblichen experimentellen Lehrbüchern stiefmütterlich behandelt zu werden pflegen. Drittens ist auch hier, wie im ersten Bande, der Übergang aus der Rechnung in die Wirklichkeit durch die rein mathematische Erklärung einiger Begriffe erschwert. Ein einfaches Beispiel (S. 26): „Für irgend ein Stück $\sigma$ der Oberfläche des Körpers nennen wir den Quotienten der resultierenden darauf wirkenden Flächenkraft, dividiert durch den Flächeninhalt von $\sigma$, den „mittleren Druck“ auf $\sigma$“. M. E. müßte in einem Theoriebuche ein scharfer Unterschied gemacht werden zwischen dem, was man unter Druck versteht, und dem, wie man einen Druck mißt. Unter einem Quotienten zweier benannter Zahlen kann man sich nichts Physikalisches vorstellen. Aber solche Bedenken fallen weg, wenn man die Bestimmung des Buches „zum Gebrauch bei Vorträgen und zum Selbstunterricht“ nicht auf Studierende anwendet, die von derlei Dingen zum erstenmal hören, und danach die Grundbegriffe lernen sollen. Das Buch steht über solchen Kleinigkeiten. In ihm ist das durch Forschen und Unterricht abgeklärte Wissen einer Geistesgröße enthalten. Es gebietet Hochachtung und bereitet Genuß, weil es in Ehrfurcht vor der Schönheit der geschichtlich gewordenen klassischen Theorie geschrieben ist. *Curt Fischer.*

**Handbuch für den physikalischen Unterricht.** Von Dr. Friedrich Dannemann, Direktor der Realschule in Barmen. A. Allgemeines. (Die neue deutsche Schule, herausgegeben von H. Nickel und M. Reiniger, VII. Bd., 1. Teil.) 144 S. Langensalza, Julius Beltz, 1919.

Dies Handbuch ist in erster Reihe für den Unterricht an Volks-, Mittel- und Realschulen bestimmt, daneben auch für die Unterstufe höherer Lehranstalten. Es bietet nach einer kurzen Darstellung der Geschichte des physikalischen Unterrichts und allgemeinen Betrachtungen über Ziel und Lehrverfahren besonders eingehende Auseinandersetzungen über den heuristischen auf Schülerübungen gegründeten Unterricht. Der Verfasser spricht sich in ganz modernem Sinn für die Verwebung der Übungen mit dem Klassenunterricht und für die Einführung der Übungen auch in die Volksschule aus,

wie es in München und in Hamburg bereits verwirklicht ist. Er gibt auch praktische Winke für billige Einrichtung von Unterrichtsräumen; überflüssig dürfte es jedoch sein, den Tisch mit besonderen Schienen für die Abnahme des elektrischen Stromes zu versehen. Ein Normalverzeichnis von Apparaten, die für den elementaren Unterricht erforderlich sind, wird vielen Lehrern willkommen sein, ebenso auch Ratschläge für die Beschaffung der einfachsten Hilfsmittel für die Schülerübungen. In dem Abschnitt über die Lehrbuchfrage wird mein Ausspruch angefochten, daß das Lehrbuch nicht dazu da sei, damit danach unterrichtet werde, doch läßt der Verfasser selbst erkennen, daß er den Ausspruch richtig verstanden hat und in diesem Sinne billigt. Über das Geschichtliche im physikalischen Unterricht wurden, wie vom Verfasser nicht anders zu erwarten, ausführliche und befolgenswerte Vorschläge gemacht; unter den kurzen Bemerkungen über den Unterricht in Einzelgebieten ist bei der Mechanik der Irrtum untergelaufen, daß beim Abschießen einer Masse aus der Federpistole die Geschwindigkeit der Masse umgekehrt proportional sei. Die Lehre von der Reibungselektrizität, die manche ganz beiseite gesetzt zu sehen wünschen, wird wegen ihres hohen didektischen Werts in Schutz genommen. So tritt uns überhaupt in dem Buche ein gesunder, praktischer und das Ziel des Unterrichts fein abwägender Sinn entgegen, der es zum Ratgeber für den Lehrer recht geeignet macht.

*P.*

**Lehrbuch der Chemie und Mineralogie** für den Unterricht an höheren Lehranstalten von Dr. A. Lipp, Prof. an der Techn. Hochschule in München. I. Teil. Siebente, umgearbeitete Auflage von Dr. J. Reitinger, Reallehrer. Stuttgart und Berlin, Fr. Grub, 1918. VIII u. 160 S. Geb. M. 2,40 + 20% Teuerungszuschlag.

Nach dem Tode des ursprünglichen Verfassers hat einer seiner früheren Schüler diese Neuauflage besorgt. Dabei ist die Eigenart des Buches — vgl. hierüber *diese Zeitschr. XIV, 372, XVIII, 313 und XXII, 401* — im wesentlichen unverändert geblieben. Umgearbeitet wurde vor allem — und zwar unter Berücksichtigung der neuen Lehrpläne Bayerns — die Einleitung; es geschah dies in der Absicht, „Vorwegnahmen möglichst zu vermeiden und die chemischen Grundgesetze erst nach Betrachtung einer größeren Anzahl von Stoffen und Vorgängen abzuleiten". Diese Absicht ist zu loben. Jedoch ist sie nicht voll erreicht worden, denn gerade die ersten Versuche, bei denen gebrannter und gelöschter Kalk das Ausgangsmaterial bilden, machen mehrere Vorwegnahmen — Kohlensäuregas in der Ausatmungsluft, Bezeichnung der Abscheidung als kohlensaurer Kalk usw. — notwendig. Ähnlich ist es bei der unmittelbar folgenden Besprechung der Oxydationsvorgänge, wo die Verbrennung einer Kerze, des Petroleums, des Leuchtgases usw. früher als die wesentlich einfachere Verkalkung der Metalle behandelt wird. Auf geschichtliche Angaben ist weniger Wert, als sonst üblich, gelegt; diejenige über den Ursprung der Alchemie, sie sei aus der Aristotelischen Lehre von den vier Elementen entstanden, ist überdies nur teilweise richtig. Daß der Verf. statt Molekül die richtig gebildete Wortform „Molekel" benützt, ist erfreulich; es heißt aber nicht „das", sondern „die" Molekel. Diese Ausstellungen hindern nicht, anzuerkennen, daß das in Bayern vielfach gebrauchte Buch durch die Neubearbeitung noch an Wert gewonnen hat.

*J. Schiff.*

**Die Funkentelegraphie** in allgemeinverständlicher Darstellung. Von C. W. Kollatz. 107 S. Mit 33 Abbildungen im Text und auf Tafeln. Berlin, Georg Siemens, 1919. M. 4,25 und 30%.

Die Schrift gibt ein ansprechendes Bild der Entwickelung der Funkentelegraphie und behandelt im einzelnen namentlich die Einrichtung einer Funkstelle mit Braunschem Sender, die tönenden Löschfunken und die mannigfachen Verwertungen der Kathodenröhre. Interessante Mitteilungen über die äußeren Einrichtungen der Stationen und die Leistungen der Funkentelegraphie sind eingefügt.

*P.*

## Korrespondenz.

**Weitere Meldungen von Unfällen im Chemie- und Physikunterricht**[1]. Wir erhielten die nachfolgenden dankenswerten Mitteilungen über Unfälle im Chemieunterricht.

1. Explosionsartiges Zerspringen eines Glasgefäßes. „Vor einiger Zeit erfolgte eine seltsame Glasexplosion, die ich mir nicht ohne weiteres erklären kann. Ich kochte, da gerade kein anderes Gefäß zur Hand war, in einem dickwandigen, breiten Becherglas (Inhalt von $^3/_4$ l) Wasser. Als es zum Sieden gelangt war, goß ich einen Teil davon aus und stellte das noch etwa zur Hälfte mit siedend heißem Wasser gefüllte Glas auf den Experimentiertisch, und zwar auf Holz. Nach ungefähr einer Minute zersprang das Becherglas plötzlich in unzählige Stückchen, die seitwärts bis zu $3^1/_2$ m Ent-

[1]) Vgl. die „Aufforderung betreffend Meldung von Unfällen" in dieser Zeitschr. **26**, S. 207, sowie die daraufhin erfolgten Mitteilungen in dieser Zeitschr. **27**, S. 138/140, **29**, S. 226/227, **30**, S. 302/303.

fernung geschleudert wurden.“ Die Stückchen waren ziemlich regelmäßig in ihrer Gestalt, nämlich würfelig, mit vollkommen glatten Flächen. „Merkwürdig erschien mir der Vorfall vor allem deshalb, weil die Abkühlung nur so kurze Zeit stattgefunden hatte, zudem das Becherglas noch zur Hälfte mit dem heißen Wasser gefüllt war und die Unterlage doch ein verhältnismäßig schlechter Wärmeleiter war. Die innere Struktur des Glases hat dabei wohl eine Rolle gespielt. Daß ich nicht zu Schaden kam, war nur dem Umstande zu verdanken, daß alle Splitter nach der Seite und nicht in die Höhe geschleudert wurden.“ *E. Hofmann,* Bad Dürkheim.

Man kann an eine schlechte Kühlung bei Herstellung des Glasgefäßes denken. Wahrscheinlich liegt aber schnelles Erhitzen, also sehr starke Wärmezufuhr vor, so daß die unterste Glasschicht unverhältnismäßig weit über den Siedepunkt des Wassers, vielleicht bis gegen 1000° erhitzt wurde, während die oberste Schicht des mehrere Millimeter dicken Glases durch das Wasser vor dem Sieden stetig auf einer Temperatur unterhalb 100° infolge der Abkühlung gehalten wurde. Durch diese großen Spannungsunterschiede im Glase wurde das explosionsartige Zerspringen vorbereitet, das dann durch die erhebliche Temperaturdifferenz des kalten Tisches und der untersten glühend heißen Glasschicht ausgelöst wurde. — Der interessante Fall — die Sprengstücke haben dem Unterzeichneten vorgelegen — mahnt zur Vorsicht und bestätigt die Regel, daß dickwandige Gefäße zum Erhitzen nicht geeignet sind. Doch können Flüssigkeiten, selbst in ganz ungleich dickwandigen Gefäßen, bis auf 100° und darüber ohne Gefahr erhitzt werden, sofern man das Erhitzen im Wasserbadgefäß vornimmt — wie Unterzeichneter bei seinen Versuchen[1]) mit Selterswasser und Bieren (welche Flüssigkeiten in ihren Original-Handelsflaschen erhitzt wurden) erfahren hat.

2. Explosion mit einem engeren Glührröhrchen. „Klasse Prima.“ Es wurde nach „Bilz, Quantitative Analyse“ gearbeitet. Die Klasse war mit Einübung der Reaktionen der Chlorwasserstoffgruppe beschäftigt. Ein Schüler wollte den Nachweis des *Hg* im Niederschlage ausführen. Er stellte deshalb die vorgeschriebenen Reaktionen an, indem er im Glührröhrchen den Niederschlag mit Zyankali und Soda glühte. Da die Abscheidung des *Hg* ihm nicht deutlich genug in die Erscheinung trat, mengte er zu einem Vergleich ganz geringe Mengen Merkuronitrat mit Zyankalium und Natriumkarbonat. Beim Glühen im engen Glührohr trat eine sehr heftige Explosion auf mit langer Stichflamme; das Glührohr wurde zerschmettert. Leichte Verletzungen der Hand durch Glassplitter waren die Folge. — Die Ursachen suche ich in der Zersetzung des Nitrates, besonders wohl noch in der Bildung von Knallquecksilber; angestellte Versuche ergaben, daß Explosion stets eintrat, wenn ein enges Glührröhrchen genommen wurde. Weitere Feststellungen, welche Zersetzungen vor sich gingen, ob diese eventuell als Sprengmittel Verwendung finden können, entziehen sich leider zur Zeit meiner Beurteilung. — Für den Unterricht ist in diesem Fall vor der Verwendung zu enger Glührröhrchen zu warnen.

*Dr. Frhr. v. Lützen,*
Deutsches Landerziehungsheim Haubinda i. Th.

3. Explosion mit dem Grimsehlschen elektrolytischen Chlorentwickler. Im Chemieunterricht der O II des Doroth.-Realg. zu Berlin. Als Unterzeichneter letzthin Chlor aus Kochsalzlösung mittels des in dieser Zeitschrift (XVI, S. 162, Fig. 3) abgebildeten Apparates entwickeln wollte, — der Apparat hatte wiederholt diesem Zwecke gedient — trat inmitten der Entwickelung eine Explosion auf: das eine Glockengefäß wurde senkrecht bis zur Decke des Zimmers geschleudert, auch das Elektrolytgefäß zersprang. Verletzungen fanden nicht statt. — Die Ursache ist wohl in der Bildung von Chlorknallgas zu suchen, wenigstens war deutlich zu beobachten, daß während der Elektrolyse Wasserstoffbläschen zum Chlorgefäß hinüberwanderten. Der Apparat war aber nicht geradeswegs von der Sonne beleuchtet. Die Stromstärke war unterhalb 20 Ampere, „hierbei tritt [nach Grimsehl] noch keine schädliche Erwärmung ein“. — Es wäre demnach vor zu heller Beleuchtung und vor zu großer Stromstärke zu warnen.

4. Entflammung von unmittelbar der Stahlflasche entströmendem Wasserstoff[1]). Es wurde mittels des aus Stahlflaschen ausströmenden Wasserstoffs und Sauerstoffs die lebhafte Verbrennung von Eisen gezeigt. Die Funken sprangen wie immer weit umher und gelangten wohl auch bis zur Wasserstoffstahlflasche, denn plötzlich leckte aus der unmittelbar an die Ausströmungsöffnung der Flasche angesetzten Schraubenmutter des Reduzierventils eine kleine Flamme hervor — zum Zeichen, daß diese Schraube nicht fest genug angezogen war. Anstatt das Radventil der Flasche abzudrehen, wurde versucht, mit dem Schraubenschlüssel jene Schraube ganz fest zu-

[1]) O. Ohmann, Einige Grundversuche mit Selterswasser und Kohlensäuregas. „Monatshefte“ Bd. XI. 1918. S. 94/101 bzw. S. 139/142.

[1]) Nach mündlichem Bericht an den Unterzeichneten.

zudrehen. Dabei wurde aus Versehen nach der entgegengesetzten Richtung gedreht: eine große Flamme brauste aus der Flasche heraus, eine Panik hervorrufend, so daß Zuhörer und Assistent entflohen. Mit Hilfe eines herbeigeholten verstellbaren Schraubschlüssels (Engländers) wurde nunmehr das Radventil eingeklemmt und abgedreht, wobei die eine Hand des Experimentierenden Brandwunden erhielt. — Am besten war, wie erwähnt, das Radventil zuzudrehen und danach die Schraubenmutter weiter anzuziehen. Als die große Flamme entstand, rückte die Gefahr des Zerplatzens der Flasche in die Nähe.

Die Einsendung weiterer Unfallsaufzeichnungen an die Schriftleitung bzw. den Unterzeichneten ist im allgemeinen Interesse dringend erwünscht. Auf Wunsch unterbleibt sowohl Nennung des Namens wie auch der Anstalt.

*Prof. Otto Ohmann,*
Berlin-Pankow, Kavalierstraße 15.

**Leistungsmessung eines Motors.** Berichtigung von Dr. BÜCHNER zu Heft 5, S. 166. Auf Beanstandung aus dem Leserkreis muß ich richtig stellen, daß es auf die Länge, mit der der Bremszaum auf der Schnurscheibe aufliegt, nicht ankommt. Es muß also für den Weg der ganze Umfang der Schnurscheibe mal der Zahl der Umdrehungen pro Sekunde zugrunde gelegt werden. Die Leistung ergibt sich in den Beispielen daher doppelt so groß.

Ein Kontrollversuch zeigte auch noch, daß man mit viel kleineren Spanngewichten auskommt wenn man den Faden noch einmal um die Schnurscheibe herumlegt. In beiden Fällen sollte sich dieselbe Leistung ergeben, da der Strom beidemale 0,99 Ampere betrug.

Bei der Bremswirkung auf a) ½ Umfang, b) 1½ Umfang wurde gefunden:

| | $p_1$ | $p_2$ | Kraft | Umlaufszahl | Leistung | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| a) | 5 kg | 9,2 kg | 4,2 kg | 1267 | 12,4 mkg | pro Sek. |
| b) | 0,72 „ | 4,8 „ | 4,08 „ | 1314 | 12,5 „ | |

Das dritte **Generalregister** der Zeitschrift für die Jahrgänge 21 bis 30 erscheint im Dezember d. J. Der Preis beträgt M. 10,—.

**Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1920.** Diese Sonderausgabe der astronomischen Tafel von M. KOPPE erscheint gleichzeitig mit diesem Heft und kann von der Verlagsbuchhandlung Julius Springer oder durch den Buchhandel zum Preise von M. 2,40 bezogen werden.

## Himmelserscheinungen im Dezember 1919. Januar und Februar 1920.

$12^h$ = Mittag, $0^h$ und $24^h$ = Mitternacht. (Berliner Zeit = M E Z — $0{,}1^h$).

| M E Z $12^h$ | | Dezember 2 | 7 | 12 | 17 | 22 | 27 | Januar 2 | 7 | 12 | 17 | 22 | 27 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ☿ | AR | $16^h 36^m$ | 16.11 | 16.1 | 16.8 | 16.26 | 16.50 | 17.24 | 17.55 | 18.28 | 19.1 | 19.35 | 20.12 |
| | D | $-21^0$ | — 19 | — 18 | — 18 | — 20 | — 21 | — 23 | — 24 | — 24 | — 24 | — 23 | — 22 |
| ♀ | AR | $13^h 27^m$ | 13.48 | 14.9 | 14.31 | 14.53 | 15.16 | 15.44 | 16.9 | 16.33 | 16.58 | 17.24 | 17.50 |
| | D | $-6^0$ | — 9 | — 10 | — 12 | — 14 | — 15 | — 17 | — 19 | — 20 | — 21 | — 21 | — 22 |
| ☉ | AR | $16^h 30^m$ | 16.52 | 17.14 | 17.36 | 17.58 | 18.20 | 18.47 | 19.9 | 19.31 | 19.52 | 20.14 | 20.35 |
| | D | $-21{,}8^0$ | — 22,5 | — 23,0 | — 23,3 | — 23,5 | — 23,4 | — 23,0 | — 22,5 | — 21,8 | — 20,9 | — 19,9 | — 18,7 |
| ♂ | AR | $12^h 7^m$ | 12.17 | 12.27 | 12.36 | 12.46 | 12.55 | 13.7 | 13.15 | 13.24 | 13.33 | 13.41 | 13.48 |
| | D | $1^0$ | 0 | — 1 | — 2 | — 3 | — 4 | — 5 | — 6 | — 7 | — 7 | — 8 | — 9 |
| ♃ | AR | | $9^h 23^m$ | | 9.22 | | 9.20 | 9.19 | | 9.14 | | 9.10 | |
| | D | | $16^0$ | | 16 | | 16 | 17 | | 17 | | 17 | |
| ♄ | AR | $10^h 53^m$ | | | | | | 10.55 | | | | 10.52 | |
| | D | $9^0$ | | | | | | 9 | | | | 9 | |
| Sternzeit [1]) | | $16^h 40^m 57^s$ | 17.0. 40 | 17.20. 22 | 17.40. 5 | 17.59. 48 | 18.19. 31 | 18.43. 10 | 19.2. 53 | 19.22. 36 | 19.42. 19 | 20.2. 1 | 20.21. 44 |
| Zeitgl. | | $-10^m 49^s$ | — 8.49 | — 6.36 | — 4.13 | — 1.44 | + 0.45 | 3.40 | 5.57 | 8.3 | 9.53 | 11.27 | 12.42 |

Breite von Berlin. Ortszeit Mittelpunkt von ☉ und ☾ Oberer Rand von ☉ und ☾.

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ☉ Aufg. | $7^h 51^m$ | 7.57 | 8.3 | 8.8 | 8.11 | 8.13 | 8.14 | 8.12 | 8.9 | 8.5 | 8.0 | 7.54 |
| ☉ Unterg. | $15^h 48^m$ | 15.45 | 15.44 | 15.44 | 15.45 | 15.49 | 15.54 | 16.0 | 16.7 | 16.15 | 16.23 | 16.33 |
| ☾ Aufg. | $12^h 57^m$ | 16.10 | 22.27 | 3.4 | 7.51 | 10.20 | 13.1 | 18.44 | — | 4.57 | 8.3 | 9.55 |
| ☾ Unterg. | $1^h 4^m$ | 7.38 | 11.7 | 0.54 | 16.8 | 21.37 | 4.1 | 8.40 | 10.39 | 13.17 | 18.19 | — |

[1]) Im Stargarder Meridian.

| MEZ 12h | | Februar 1 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ☿ | AR | 20h 45m | 21.20 | 21.55 | 22.30 | 23.3 | 23.33 |
| | D | −20° | −18 | −15 | −11 | −7 | −3 |
| ♀ | AR | 18h 16m | 18.42 | 19.8 | 19.34 | 20.0 | 20.26 |
| | D | −22° | −22 | −22 | −21 | −20 | −19 |
| ☉ | AR | 20h 55m | 21.15 | 21.35 | 21.55 | 22.14 | 22.33 |
| | D | −17,4° | −15,9 | −14,3 | −12,7 | −10,9 | −9,1 |
| ♂ | AR | 13h 55m | 14.2 | 14.8 | 14.14 | 14.19 | 14.23 |
| | D | −10° | −10 | −11 | −11 | −11 | −12 |
| ♃ | AR | 9h 4m | | 8.9 | | 8.54 | |
| | D | 18° | | 18 | | 18 | |
| ♄ | AR | | | 10.48 | | | |
| | D | | | 10 | | | |

| MEZ 12h | | Februar 1 | 6 | 11 | 16 | 21 | 26 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Sternzeit[1]) | | 20h 41m | 21.1 | 21.20 | 21.40 | 22.0 | 22.20 |
| Zeitgl. | | 27s | 10 | 52 | 35 | 18 | 1 |
| | | 13m 36s | 14.10 | 14.24 | 14.18 | 13.55 | 13.15 |
| Breite von Berlin. Ortszeit. Oberer Rand von ☉ und ☾ | | | | | | | |
| ☉ Aufg. | | 7h 46m | 7.38 | 7.29 | 7.19 | 7.9 | 6.58 |
| ☉ Untergang | | 16h 42m | 16.51 | 17.1 | 17.10 | 17.20 | 17.29 |
| ☾ Aufg. | | 13h 37m | 20.5 | 0.45 | 5.2 | 7.13 | 9.40 |
| ☾ Untergang | | 5h 7m | 7.58 | 9.58 | 13.51 | 15.42 | 0.46 |

[1]) Im Stargarder Meridian.

**Winters Anfang** 1919 Dez. 22, 22h.

| Mondphasen MEZ | Neumond | Erstes Viertel | Vollmond | Letztes Viertel |
|---|---|---|---|---|
| | | | Dez. 7d 11h 4m | Dez. 14d 7h 2m |
| | Dez. 22d 11h 55m | Dez. 30d 6h 25m | Jan. 5d 22h 5m | Jan. 13d 1h 9m |
| | Jan. 21d 6h 27m | Jan. 28d 16h 38m | Febr. 4d 9h 42m | Febr. 11d 21h 49m |
| | Febr. 19d 22h 35m | Febr. 27d 0h 50m | | |

Der **Mond** tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten **Sternbilder** des **Tierkreises**:

| Sternbild / Länge | W 25° | S 55° | Z 85° | K 115° | L 145° | J 175° | Wg 205° | Sp 235° | Sz 265° | Sb 295° | Ws 325° | Fs 355° | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nov. | | | | (Zehntel-Tage) | | | | | | | 29,7 | 2,0 | Dez. |
| Dez. | 4,1d | 6,2 | 8,1 | 10,1 | 12,2 | 14,5 | 17,0 | 19,5 | 22,1 | 24,6 | 27,0 | 29,4 | Dez. |
| Dez. | 31,5d | 2,6 | 4,7 | 6,7 | 8,7 | 10,9 | 13,3 | 15,8 | 18,4 | 20,9 | 23,2 | 25,5 | Jan. |
| Jan. | 27,8d | 29,9 | 1,0 | 3,0 | 5,1 | 7,4 | 9,6 | 12,1 | 14,7 | 17,2 | 19,5 | 21,8 | Febr. |
| Febr. | 24,0d | 26,1 | 28,3 | 1,4 | | | | | | | | | März |

Tägliches **Erscheinen** und **Verschwinden** der Planeten. **Ortszeit.** Breite von Berlin.

| Tag | ☿ Morgenstern vorm. |
|---|---|
| XII 9 | 6,8h |
| 17 | A 6,1h D 6,9h |
| 27 | A 6,5h D 7,0h |
| I 2 | A 6,8h D 7,0h |
| 6 | A 7,0h D 7,0h |
| | Abendstern nachm. |
| II 21 | D 6,4h U 6,4h |
| III 2 | D 6,7h U 7,4h |

| Tag | ♀ Morgenstern vorm. | ♂ (Jungfrau) vorm. | ♂ (Jungfrau) nachm. | ♃ (Krebs) vorm. | ♃ (Krebs) nachm. | ♄ (Löwe) vorm. | ♄ (Löwe) nachm. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| XI 17 | A 2,9h D 6,7h | A 1,5 v | D 6,2 | A 10,1 | D 6,3 | A 0,3 v | D 6,2 |
| XII 7 | A 3,5h D 7,2h | A 1,2 v | D 6,6 | A 8,8 | D 6,8 | A 11,1 n | D 6,6 |
| 27 | A 4,3h D 7,4h | A 0,9 v | D 6,9 | A 7,4 | D 7,0 | A 9,8 n | D 6,9 |
| I 2 | A 4,5h D 7,4h | A 0,8 v | D 6,9 | A 7,0 | D 7,0 | A 9,2 n | D 6,9 |
| 22 | A 5,4h D 7,2h | A 0,3 v | D 6,7 | A 5,5 | D 6,8 | A 8,0 n | D 6,7 |
| II 11 | A 5,8h D 6,8h | A 11,7 n | D 6,3 | D 6,1 | D 6,4 | A 6,5 n | D 6,3 |
| III 2 | A 5,8h D 6,1h | A 10,8 n | D 5,6 | D 6,7 | D 5,7 | D 6,8 n | D 5,6 |

A = Aufgang; U = Untergang; D = Dämmerung.

**Verfinsterungen der Jupitermonde** (MEZ). Nachmittag-Stunden. E = Eintritt, A = Austritt.

Dez. 15, 9h 19,5m A IV
„ 19, 8h 7,9m E I
Jan. 11, 8h 16,9m E I
Jan. 14, 8h 45,4m E III
„ 15, 7h 35,0m E II
„ 18, 7h 10,7m E I
Jan. 27, 6h 33,2m E I
Febr. 9, 7h 30,3m A II
„ 12, 7h 8,7m A I
Febr. 19, 8h 19,3m A III
„ 19, 9h 3,3m A I
„ 20, 9h 30,7m A IV

*M. Koppe.*

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.